UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA

AUTONOMAÇÃO E A ELIMINAÇÃO DAS PERDAS: A BASE DE UMA ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO PARA ASSEGURAR UMA POSIÇÃO COMPETITIVA NA INDÚSTRIA.

Autor: Edson Zílio Silva

Porto Alegre, 2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA

AUTONOMAÇÃO E A ELIMINAÇÃO DAS PERDAS: A BASE DE UMA ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO PARA ASSEGURAR UMA POSIÇÃO COMPETITIVA NA INDÚSTRIA.

Autor: Edson Zílio Silva

Orientador: Professor Paulo Ghinato, Ph.D.

Banca Examinadora:

Professor Dr. Giancarlo Medeiros Pereira

Professor Dr. Gilberto Dias da Cunha

Professor Dr. José Luis Duarte Ribeiro

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia – modalidade Profissionalizante – Ênfase Gerência da Produção e Ergonomia

Porto Alegre, 2002

Este Trabalho de Conclusão foi analisado, julgado adequado para a obtenção do título de mestre em ENGENHARIA e aprovado em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

____

Prof. Paulo Ghinato

Orientador
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

____

Profa. Helena Beatriz Bettella Cybis

Coordenadora
Mestrado Profissionalizante em Engenharia
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

BANCA EXAMINADORA

Prof. Giancarlo Medeiros Pereira
UNISINOS

Prof. Gilberto Dias da Cunha
PPGEP/UFRGS

Prof. José Luis Duarte Ribeiro
PPGEP/UFRGS

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE ABREVIATURAS

APG	Atividades de Pequenos Grupos
ASQC	*American Society for Quality Control*
CAT	Condição Anormal de Trabalho
CCQ	Círculos de Controle de Qualidade
CEP	Controle Estatístico de Processo
CQ	Componente Q
CQZD	Controle de Qualidade Zero Defeitos
CWQC	Controle de Qualidade por Toda a Empresa
DTA	*Defect Tree Analysis*
ECRS	Eliminar, Combinar, Racionalizar, Simplificar
FMEA	Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial
FMJ	*Factory Management Journal*
FQ	Fator Q
FTP	Folha de Trabalho Padrão
IAS	Sistema de Autonomação Inteligente
JIT	*Just In Time*
JIPM	Japan Institute of Plant Maintenance
LCA	*Low Cost Automation*
LCC	Custo do Ciclo de Vida
LD	Lado Direito
LE	Lado Esquerdo
LFE	Layout Funcional Produtivo
MPT	Manutenção Produtiva Total
NVA	Não Valor Agregado
OEE	*Overall Equipament Effectiveness*
OPL	*One Point Lesson*
PDCA	*Plan – Do – Check – Action*
PPM	Partes Por Milhão
PQ	Ponto Q
SMED	*Single Minute Exchange Die*
STP	Sistema Toyota de Produção
SVA	Semi Valor Agregado
TPM	*Total Productive Maintenance*
TQC	*Total Quality System*
VA	Valor Agregado

RESUMO

Com o avanço da globalização, surgem dúvidas quanto às conseqüências desse significativo processo para os países em desenvolvimento. Apesar disso, alguns fatos são inquestionáveis, como, por exemplo, a necessidade que terão as empresas, em especial as brasileiras, de buscar novas "fórmulas" para continuar competindo neste novo contexto globalizado. A tecnologia deve permanecer sendo um "divisor de águas" entre os líderes de mercado e seus seguidores, no entanto, seria razoável supor que a competição não se restrinja somente a esse aspecto, devendo abranger outros, também importantes, como é o caso dos processos de produção.

Nesse contexto, surge a Produção Enxuta, que, por atacar sistematicamente os desperdícios dentro dos processos produtivos, busca a maximização da eficácia operacional dos mesmos, e por essa razão, tem-se mostrado como uma opção bastante exitosa dentro da competição globalizada. Apesar disso, a adoção da Produção Enxuta nas empresas ocidentais não tem acontecido na proporção e velocidade que permitissem a necessária redução da vantagem competitiva que as empresas japonesas auferiram através do seu uso. Isso se deve, no entender desta pesquisa, à falta de um entendimento mais profundo dos seus conceitos, elementos, e, principalmente, à ausência de um cuidado maior por parte das referidas empresas em estabelecer uma coerência com a sua própria política competitiva, ao tentar introduzir esses novos conceitos nos seus sistemas fabris.

Este trabalho parte da premissa de que deve existir essa clara ligação entre as ações de melhoria executadas no "chão-de-fábrica" e a própria estratégia competitiva da empresa. Nesse sentido, propõe o modelo de uma abordagem estruturada que pode permitir tal coerência. Desta forma é apresentada uma revisão bibliográfica, dividida em 4 partes onde, na primeira são abordados os conceitos básicos de estratégias competitivas, na segunda são revisados os sistemas de produção, em especial o Sistema de Produção em Massa, para assim permitir o seu contraste com a Produção Enxuta, apresentada logo após, na terceira parte. E, finalmente, na quarta parte, devido à sua relevância dentro da lógica de gestão enxuta de produção, é feita uma releitura da Autonomação, seus conceitos e potencialidades como preparação ao estudo de caso apresentado no final do trabalho, o qual foi desenvolvido na Pirelli Pneus S.A., onde o referido modelo foi aplicado com sucesso no processo de um produto considerado maduro, que já demonstra, inclusive, características de um *commodity*.

A pesquisa é finalizada com a resenha dos resultados alcançados, bem como com a apresentação de considerações do autor quanto às dificuldades e peculiaridades relevantes relativas à experimentação do modelo proposto, concluindo-se, então, que a Eliminação das Perdas e a Autonomação podem servir de base para uma estratégia de produção com potencial para alavancar toda a estratégia competitiva da empresa.

ABSTRACT

With the advance of globalization, doubts about the consequences of this process for countries in development come through. Still, some aspects can not be discussed, such as the need that companies, specially the Brazilian ones, are going to have to search for new technologies to be able to keep competitive in this global market. Technology is likely to continue to be the greatest abyss among market leaders and its followers, however, it is reasonable to believe that competition is not restricted only on this aspect, it must reach others, as important as technology, like production processes.

In this context, emerges the Lean Manufacturing that, due to dealing with waste in production processes, searches for the maximization of its operational efficacy and, because of that, it has been shown as an effective option in global competition. However, the adoption of Lean Manufacturing in western companies, has not happened in the proportion and pace needed to allow the necessary reduction of competitive advantage that Japanese companies gained through its use. The reason why this is happening, is the lack of a deeper understanding of its concepts, elements, as well as a poor understanding of the need to establish a coherence with its own competitive policy when trying to introduce these new concepts in the industrial environment.

This research assumes that there must be a clear connection between the improvements made in the shopfloor and the competitive strategy of the company. To do so, it proposes a structured approach that allows such coherence, presenting a bibliographic review, divided into four parts where: the first one shows the concepts of competitive strategy, the second reviews production systems, specially mass production, to explore the contrast with Lean Manufacturing, presented in the third part. Finally, in the fourth part, due to its relevance in the logic of lean production management, a study on Autonomation is made, approaching its concepts and potentialities as a preparation to the field study presented at the end of this dissertation, which was developed at Pirelli Pneus S.A., where the aforesaid model was successfully applied in the process of a product considered mature, that already gives evidences and characteristics of a commodity.

The research ends with a summary of the results reached and the presentation of the author's considerations about the relevant difficulties and particularities related to the trial of the proposed model, concluding that Waste Elimination and Autonomation can serve as a basis for a production strategy with potential to improve all the competitive strategy of the company.

1 INTRODUÇÃO

"A globalização é inexorável. Até os protestos contra ela estão globalizados".

Ao pronunciar esta frase, o economista inglês John Williamson, autor da expressão "Consenso de Washington" – referência ao receituário macroeconômico que deu sustentação ao chamado modelo neoliberal – no Seminário Brasileiro de Relações Internacionais (SEBRI), realizado em setembro/2000 no Rio de Janeiro, apenas confirmou a sensação, já generalizada, de que a economia mundial marcha para um processo de interações globalizadas nunca dantes vistas e, o mais importante, de uma maneira irreversível. Aí cabem questões básicas a respeito da forma através da qual este processo vai continuar evoluindo e das suas conseqüências, principalmente para os países em desenvolvimento como o Brasil.

Mais importante do que a discussão sobre as regras e formas dessa globalização econômica, ou se as mesmas são ou não adequadas à velocidade de desenvolvimento que o Brasil conseguirá empreender, é entender o que faz os países desenvolvidos, que ditam esta nova ordem, se manterem na liderança, pois só assim será possível encurtar os caminhos que separam as indústrias brasileiras do nível de competitividade que vai possibilitar-lhes assumir, finalmente, uma posição de destaque dentro deste novo e inexorável contexto mundial. Estariam as empresas brasileiras, cujo papel é fundamental dentro deste processo, capacitadas para este entendimento e, por fim, para esta busca?

Fairbanks e Lindsay (1998), através de um estudo conduzido por sete anos, mostram os principais erros dos países em desenvolvimento, os padrões que impedem a criação e a distribuição de riqueza e como corrigi-los, a saber:

- superdependência dos fatores básicos de vantagem como: matérias-primas, localização, clima e mão-de-obra barata;
- desconhecimento dos consumidores;
- desconhecimento da própria posição competitiva;
- falta de integração progressiva dos seus negócios;
- pouca cooperação entre as empresas;
- atitude defensiva;
- paternalismo.

Segundo eles, a erradicação destes erros só será conseguida se governos e empresários fizerem três escolhas explícitas, que deverão resultar em uma estratégia nacional.

a) **Escolha da vantagem -** aqui existiriam duas opções claras:
   - baixo custo, que se sustenta apenas se estiver baseada na inovação;
   - diferenciação, que significa oferecer valor para os compradores.

b) **Escolha do alcance** - a empresa deveria fazer escolhas entre as dimensões de alcance: vertical, de segmento ou de produto, geográfico e de negócio.

c) **Escolha da tecnologia** - a opção aqui seria como líder ou seguidora tecnológica.

Segundo Kotler (1997), o Brasil deveria saber qual é o seu atual "mix de indústrias" para, mediante exame dos avanços e das tendências internacionais e também das vantagens e desvantagens próprias, definir o que produzir para ser competitivo globalmente. Para este que é o maior especialista mundial em marketing é necessário "Pensar globalmente, atuar localmente".

Ainda no ponto de vista de Kotler, a globalização teria dois significados. No lado da demanda acarreta o aumento do número de estilos de vida globais e maiores expectativas a respeito de qualidade, serviço e valor. No lado da oferta significa que pela necessidade de competir as empresas precisam perder gordura, ajustar o foco em seu mercado e deixar de depender de protecionismos.

Segundo Magrath (1997), mesmo às vésperas do século XXI, deve-se olhar um pouco para trás, mais especificamente para a última década, que foi marcada por uma aceleração na competitividade mundial, de onde se podem tirar lições, pois, para derrubar o adversário, enfrentar as oscilações de mercado e ainda por cima crescer, é preciso dosar criatividade e velhos conceitos. Desta maneira, os seguintes princípios de marketing foram identificados por ele como os de maior êxito para enfrentar a década de 90, a era da supercompetição:

1. Simplificar a vida do consumidor;
2. Pensar às avessas;
3. Multiplicar as marcas;
4. Dar o que o cliente quer;

5. Pegar um atalho para o mercado;
6. Reciclar velhos produtos;
7. Exagerar na variedade;
8. Atacar com golpes combinados;
9. Sofisticar ou simplificar;
10. Dar mais com menos.

O intuito aqui não é aprofundar uma análise sobre estratégias de marketing, modelos econômicos ou globalização, mas tentar apontar alguns daqueles possíveis atalhos referenciados anteriormente, pois parece que o "mapa" da competitividade está razoavelmente claro; é necessária, porém, uma certa "pressa", pois o processo é dinâmico e o mercado mundial não vai ficar esperando.

Segundo Ghinato (1996), para recuperar-se a capacidade competitiva, deve-se construir um sistema eficaz de gerenciamento de produção, antes de qualquer formulação de políticas comerciais protecionistas ou restritivas. Ou seja, é necessário buscar alguns exemplos de sistemas de gestão, comprovadamente bem sucedidos, e tentar "tropicalizá-los", criando assim um sistema de gerenciamento de produção que atenda às aspirações das indústrias brasileiras.

Mas quais são esses exemplos? E como escolhê-los? Womack *et al.* na introdução do seu livro, *A máquina que mudou o mundo*, de 1992, afirma:

> "[...] tornamo-nos convictos de que os princípios da Produção Enxuta se aplicam, igualmente, a todas as indústrias de todo o mundo, e que a conversão para a Produção Enxuta exercerá profundo efeito sobre a sociedade humana – na verdade ela irá transformar o mundo".

Note-se que tal afirmação baseia-se em 116 monografias de pesquisas preparadas pelos pesquisadores do *International Motor Vehicle Program (IMVP)* no *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* e no seu próprio trabalho de pesquisa, que durou pelo menos 5 anos e tratou de um gigantesco ramo industrial, a indústria automobilística.

Ao fazer a introdução do livro de Taiichi Ohno - *O Sistema Toyota de Produção, além da produção em larga escala* - Muramatsu Rintaro da Faculdade de Ciência e Engenharia da Universidade de Waseda, confirma que o Sistema Toyota de Produção, rebatizado posteriormente como Produção Enxuta, é um método revolucionário, que além de já ter

mostrado resultados, continuará evoluindo no futuro e que suas teorias sozinhas não vão melhorar a qualidade ou produtividade de uma empresa, mas incrementarão a criatividade e a imaginação de todos os dirigentes que buscarem o seu entendimento e a posterior aplicação das mesmas dentro dos seus processos de produção. (Salienta-se que as expressões Produção Enxuta e Sistema Toyota de Produção (STP) serão usadas, indistintamente, como sinônimos ao longo de todo este trabalho).

> "A expressão que o modelo de Produção Enxuta adquiriu permite considerá-lo como um verdadeiro marco no processo de evolução tecnológica, sendo responsável pelo sucesso das empresas japonesas no mercado mundial e o conseqüente fortalecimento da economia nipônica, tendo talvez, potencial suficiente para disseminar-se e lançar a economia mundial numa nova fase de expansão." (Ghinato, 1996, p. 1-2)

> "[...] denominado, por diversos autores, de Sistema Toyota de Produção (STP), parece se apresentar como a única saída viável para a companhia que pretenda assegurar uma posição competitiva." (Womack, citado por Ghinato, 1996, p. 1)

Assim, pode-se dizer que já existem sinalizações razoavelmente claras que mostram um caminho bastante seguro na direção da competitividade. Resta, portanto, perder o medo de mudar e, usando a capacidade de adaptação, a criatividade e a garra tipicamente brasileiras, introduzir e até aprimorar os princípios/ elementos da Produção Enxuta na indústria nacional. Desta forma se estará dando os primeiros passos para que, enfim, o Brasil possa ocupar um lugar de destaque nesse mercado globalizado.

É neste sentido que se espera que o presente trabalho, mesmo dentro das suas limitações, possa vir a contribuir no tão necessário processo de mudança.

1.1 Importância da Pesquisa

Como foi visto anteriormente, a globalização e a inevitável abertura dos mercados têm trazido à discussão o tema competitividade, seu significado, sua abrangência, suas regras/ formas, conseqüências e principalmente suas estratégias com as correspondentes aplicabilidades, conforme o tipo de empresa/ negócio.

A década de 90 foi marcada, notadamente, por uma busca um tanto desordenada por estratégias empresariais que garantissem esta tão falada competitividade, e o que se viu foi o aparecimento de muitos "gurus" com seus "*best sellers*".

Algumas dessas obras tinham bastante consistência e contribuição científica, outras nem tanto, por isso acredita-se que este trabalho de pesquisa, que busca trazer à discussão um enfoque estratégico para alcançar níveis industriais competitivos e baseia-se em aplicações de empresas japonesas comprovadamente bem sucedidas, e já com exemplos exitosos em empresas ocidentais, possa contribuir cientificamente para o sucesso da indústria nacional.

Embora haja muita discussão sobre os meios, uma coisa é pacífica quanto aos fins de qualquer atividade empresarial no sistema capitalista. As companhias visam o lucro e é neste sentido que devem ser orientadas todas as estratégias, ou melhor, como diz Porter (1999):

> "[...]Só existe uma meta confiável para orientar a estratégia de uma Cia: lucratividade superior, ou seja,acima da média do seu setor econômico ... o ponto de partida para refletir sobre a estratégia e sua capacidade de ser superior é a lucratividade ou desempenho superior. E já sabemos que há duas maneiras de alcançá-la: cobrando um preço maior que dos concorrentes ou produzindo a um custo menor [...]" (Porter, 1999, p. 130)

Porter faz aqui uma alusão ao princípio do não custo, pois segundo Ghinato (1996), a única forma de aumentar ou manter o lucro, dado que o preço de venda é determinado pelo mercado, é através da redução de custos, ou seja, a lucratividade que pode garantir a sobrevivência de uma empresa neste ambiente competitivo é definida como a diferença entre o preço de venda e o custo de fabricação.

Evidentemente a abordagem de custo aqui é a mais ampla possível, como será visto no desenrolar deste trabalho, pois assume-se que para cada item de custo tem-se uma correspondente parcela de perda, às vezes surpreendentemente significativa, onde focaliza-se um potencial de recuperação e por fim planeja-se o ataque metodológico para a redução dos custos.

Segundo Shingo (1996), o único método aceitável para reduzir custos é a eliminação total das perdas, e como a Produção Enxuta na sua essência prevê o combate sistemático aos desperdícios, pode-se admitir que a adoção dos princípios da Produção Enxuta constitui uma estratégia adequada na busca da competitividade, o que pode ser visto e comprovado através dos resultados de um grande número de empresas que tem aplicado, embora às vezes parcialmente, estes conceitos.

Shingo (1996) acrescenta que a Produção Enxuta tem duas características básicas: produção com estoque zero e reduções do custo de mão-de-obra. Ele salienta, ainda, que "a

Autonomação, embora não seja o único, é o principal meio para a obtenção da redução do custo de mão-de-obra”.

Sendo a mão-de-obra um insumo importantíssimo no custo das empresas, em especial nas de manufatura, pode-se dizer que a Autonomação ou automação com toque humano pode ser usada para a obtenção da competitividade nesse tipo de empresa. Isso porque nas empresas industriais a função produção tem um papel de destaque, e o seu grande objetivo, até bem pouco tempo, era tornar-se eficiente e produtiva. Hoje, no entanto, o seu novo papel é melhorar a competitividade da empresa. Partindo deste pressuposto, cabe então a definição de como se pode orientar as ações no “chão de fábrica” para que isso aconteça.

Segundo Ohno (1997), a Autonomação impede a fabricação de produtos defeituosos e elimina a superprodução, fatores que são, na ótica da Produção Enxuta, os principais obstáculos na luta contra os desperdícios e a favor da conseqüente redução de custos, que por sua vez vão permitir a lucratividade superior e, por fim, a tão almejada competitividade. É possível, então, afirmar que se pode utilizar a aplicação da Autonomação nos processos de produção ao pretender-se atingir um nível competitivo que vai garantir a sobrevivência e o crescimento neste mercado globalizado.

1.2 Objetivo da Pesquisa

Tendo em vista que outros elementos da Produção Enxuta, como a redução de estoques, o *kanban*, 5 S, TQC, etc., já encontram-se bastante difundidos, embora nem sempre bem aplicados, pretende-se realizar uma revisão dos conceitos clássicos sobre Autonomação, bem como das interpretações e visões posteriores desse tema, que foram surgindo à medida que a própria Produção Enxuta foi sendo reconhecida como um eficaz sistema de gestão da produção.

Com essa releitura espera-se, além de aumentar a compreensão da evolução da Autonomação como parte integrante e fundamental daquele revolucionário sistema de gestão, deixar claro que a mesma pode potencializar fatores da competição como qualidade, produtividade, flexibilidade e diferenciais humanos.

Uma vez evidenciada a importância da aplicação dos conceitos da Produção Enxuta nos processos de produção de empresas que estejam buscando aumentar a sua competitividade, pretende-se, como objetivo principal desta pesquisa, propor uma abordagem estruturada, através de uma estratégia de produção baseada na Autonomação, para correlacionar o efeito da eliminação das perdas no processo produtivo com as prioridades competitivas que deverão influenciar no equilíbrio das forças que governam a competição no setor em que as referidas empresas atuam.

Tal abordagem pretende salientar que o êxito de ações orientadas na busca do aumento da eficácia operacional dos processos produtivos dependerá fortemente da adequação e coerência dos novos conceitos a serem adotados com as próprias estratégias competitivas da empresa.

Este trabalho pretende mostrar, também, como objetivo secundário, que a adoção dos conceitos da Produção Enxuta - mais especificamente a Autonomação – seria uma alternativa adequada para potencializar as armas da competição em processos de fabricação de produtos maduros, com alta padronização, que já estejam aproximando-se da fase de declínio, ou já com características de *commodities*.

Esta avaliação contrapõe-se a uma abordagem mais clássica, que exigiria a implantação de alto e dispendioso nível de automatização, produção em grandes lotes e pesadíssimos sistemas de controle de qualidade – métodos típicos do sistema de produção em massa – que, em boa parte das vezes, por problemas inerentes à gestão deste sistema de produção, só servem para apressar o "sepultamento" daqueles produtos e inclusive de seus sistemas fabris.

Finalmente, esta pesquisa pretende esclarecer que a Autonomação, como elemento fundamental da Produção Enxuta, é um imprescindível e eficaz meio para, além de garantir o nível de qualidade dos produtos e reduzir a mão-de-obra aplicada nos processos de produção, potencializar o "*empowerment*" da empresa, o que, segundo Morris *et al.* (1997), significa dar aos operários motivação, auto-percepção e capacidade de tomada de decisões.

Estes três elementos vão possibilitar aos operários a execução de tarefas mais "nobres" e agregadoras de valor ao produto, o que é uma necessidade cada vez mais premente nas indústrias, devido ao advento das mini-fábricas, possuidoras de estruturas bastante "enxutas",

como será apresentado no capitulo 5. Também estes três elementos vão dar a esse mesmo homem, investido de autonomia, a possibilidade de interagir com o seu posto de trabalho, modificando-o na busca da melhoria contínua.

1.3 Método de Desenvolvimento da Pesquisa

O desenvolvimento deste trabalho segue o método descrito abaixo.

Na primeira etapa da elaboração desta dissertação realizou-se uma pesquisa bibliográfica com a utilização de livros, revistas especializadas, artigos, dissertações de mestrado, apostilas/ manuais de formação específicas aos temas afins, Internet etc...

A intenção foi buscar, nas fontes originais, os conceitos da Produção Enxuta, seus elementos, organização e vantagens sobre a sua antecessora, a Produção em Massa. Além disso, procurou-se coletar também as contribuições posteriores, que surgiram através das suas aplicações ao longo do tempo, tanto nas indústrias japonesas quanto, mais recentemente, nas empresas ocidentais.

Buscou-se, também, bibliografia, tanto clássica quanto mais inovadora, de estratégias de produção, para entender-se como este novo Sistema de Produção se insere nas estratégias competitivas exigidas em um mercado globalizado. Uma vez encontradas essas ligações, focou-se a pesquisa no papel da Autonomação dentro da Produção Enxuta na busca da eliminação dos desperdícios, no desenvolvimento das pessoas e na própria sustentação de todo o sistema de produção.

Tendo em vista a quantidade, relativamente limitada, de material científico existente, para aprofundar este tema passou-se a coletar dados/informações/vivências dentro da área industrial de uma empresa de grande porte da área de pneumáticos, que vem sendo assessorada, há algum tempo, pelo JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*), na introdução destes conceitos no seu sistema produtivo (como será melhor demonstrado no capítulo 5).

Nessa coleta foram utilizadas apostilas dos cursos de Formação de Instrutores de TPM (*Total Productive Maintenance*), formação de PKE (*Process Kaizen Engineer*), promovidos pelo JIPM. Destaca-se ainda a utilização de manuais descritivos de casos de aplicação dos conceitos de Autonomação em várias unidades produtivas do grupo em questão ao redor do mundo. Finalmente, buscou-se relacionar onde tais aplicações poderiam ser mais vantajosas do ponto de vista competitivo, no tocante ao tipo de produtos/ processos envolvidos.

No transcorrer desta pesquisa construiu-se uma proposta de abordagem estruturada para o estabelecimento de uma estratégia funcional, que tem como base a utilização e aplicação da Autonomação nos processos de produção na busca da competitividade, através da eliminação de perdas.

Finalizando, esta pesquisa apresenta um estudo de caso em uma empresa do ramo de pneumáticos, localizada na cidade de Gravataí-RS, com capacidade de produção de 200 t/dia. Este estudo de caso consiste de:

- descrição sucinta da empresa e da indústria de pneumáticos: seus produtos, processos, sistemas de produção e gerenciamento;
- apresentação da área do processo em análise, focando as perdas prioritárias;
- aplicação da abordagem proposta;
- elaboração de um plano de ações, utilizando as ferramentas específicas, em função do potencial de recuperação das perdas, levando em consideração o *pay-back* pré-estabelecido;
- avaliação dos resultados e encaminhamento dos próximos passos na busca do melhoramento contínuo.

1.4 Estrutura da Pesquisa

No capítulo 2 faz-se uma revisão sumária dos sistemas e estratégias competitivas de produção, focando na Produção Enxuta, dando uma visão qualitativa de suas potencialidades e apresentando-a como sucessora natural da produção em massa.

No capítulo 3 analisam-se os princípios e conceitos fundamentais da Produção Enxuta, apresentando-se a inter-relação de seus elementos principais com foco na Autonomação, na qualidade assegurada e no combate às perdas a partir da lógica do não custo. Para tratar deste último item introduz-se a metodologia da Política de *Deployments* como forma de priorização e ataque, bem como apresenta-se a abordagem do JIPM para os conceitos e aplicação da Produção Enxuta pela metodologia TPM (*Total Productive Management*).

No capítulo 4, através da releitura dos conceitos clássicos e atuais, discute-se com mais ênfase os principais elementos da Autonomação, seus objetivos e abrangência. Desenvolve-se também o conceito de máquina-modelo e analisam-se as novas "habilidades" requeridas às equipes envolvidas.

No capítulo 5 apresenta-se e aplica-se, parcialmente, uma proposta estruturada para a utilização de uma estratégia funcional da produção, tendo como base a Autonomação, que vai garantir uma posição competitiva no setor de atuação da empresa, através da eliminação das perdas.

1.5 Limitação da Pesquisa

São as seguintes as limitações encontradas:

a) tendo em vista a dimensão e abrangência do sistema de Produção Enxuta, esta pesquisa vai limitar-se a uma apresentação sumária dos seus princípios e elementos como forma de contextualizar o foco na Autonomação, suas vantagens e adequações na busca da competitividade na manufatura;

b) embora exista uma ampla bibliografia tratando da Produção Enxuta, a atenção dos autores foi focada quase sempre no *Just-In-Time*. Segundo Alvarez e Antunes (2001), a Autonomação – o outro pilar deste sistema - tem sido muito menos estudado. Como conseqüência, para o aprofundamento desse tema foi necessário lançar mão das referências originais, ou seja, as obras de Ohno**,** Shingo e Monden, mais, o relativamente, reduzido material posterior.

   Acredita-se, porém, que possa estar aí um ponto de força da presente dissertação, à medida que ela torna-se mais uma contribuição no "desbravamento" deste assunto;

c) o estudo de caso apresentado, que foi realizado dentro de uma indústria de pneus, aborda e ataca as perdas prioritárias relativas àquele tipo de produto e processo. Embora acredite-se que tais perdas tenham uma incidência bastante generalizada em outros tipos de indústrias, o que permitiria a utilização deste estudo como referência, entende-se que a abordagem e as soluções propostas não poderiam ser tratadas de uma forma universal, ficando ressalvadas possíveis inadequações a ser analisadas conforme a situação específica.

2 SISTEMAS E ESTRATÉGIAS COMPETITIVAS DE PRODUÇÃO

2.1 Condições de Contorno e os Destaques para o Século XXI

O que irá acontecer com os ícones da competitividade deste final de século, como a produtividade, a qualidade, os custos e a flexibilidade? Quais serão os seus sucessores?

Segundo Drucker *et al*. (1998), a previsão do futuro é simplesmente impossível, mas pode-se identificar os principais acontecimentos do passado que terão efeitos presumíveis nos próximos 10 ou 20 anos e desta forma poder preparar-se para o futuro "que já aconteceu". Dentro desta ótica, o autor acrescenta:

> "O crescimento econômico não poderá mais ser proveniente do aumento de trabalhadores, ou seja, gerado por maiores investimentos, como ocorreu no passado – nem se basear no aumento de demanda. Ele só será viável a partir de um aumento sensível e contínuo de produtividade do único recurso que ainda proporciona uma vantagem competitiva para os países desenvolvidos – o qual, provavelmente, eles ainda manterão por mais algumas décadas: conhecimento e trabalhadores do conhecimento (knowledge workers)." (Drucker *et al.*, 1998, p.50)

Por ocasião da comemoração dos 50 anos da filosofia da qualidade, a TQM Magazine da editora *Moreh Larse Jaques* publicou a opinião de vários pensadores sobre o futuro da qualidade. No âmbito dessa publicação predominou, com relação à tarefa de garantir a qualidade, a concepção segundo a qual o que se verá será o aparecimento de uma nova função, mais abrangente, que vai se concentrar na prevenção de erros e se chamará "garantia de sistemas", onde os profissionais que atuem nesta área devem acompanhar a revolução da informação e as mudanças no trabalho, produtos e serviços.

Para Godfrey *et al*.(1998), apesar de nos últimos 15 anos ter surgido um incrível número de "modismos gerenciais" como o TQM (Gestão de Qualidade Total), reengenharia, ISO 9000, equipes autodirigidas, equipes de alta performance, etc..., os mesmos acabaram fracassando, em boa parte das vezes, por terem sido abordados superficialmente. Por exemplo, o TQM banalizado tornou-se moda e fracassou. Porém, apesar do modismo ter acabado, o movimento pela Qualidade não acabou, muito antes pelo contrário.

Com relação aos custos, Ohmae (1998A) coloca que a equação tradicional de lucro ("valor de venda menos custo variável menos custo fixo = lucro") deve ser modificada e

transformar-se em uma equação de lucro especial, onde, devido aos novos elementos do mundo digital e de economia globalizada sem fronteiras, alguns custos fixos poderão ser transferidos para agentes externos (tercerização), alguns custos variáveis poderão ser diminuídos pela metade e as vendas podem aumentar assustadoramente. Segundo Hamel & Prahalad (1997), as companhias devem, além de querer chegar primeiro ao futuro, chegar lá gastando menos dinheiro na empreitada.

Finalmente, a flexibilidade deve seguramente ser confirmada como o alavancador da obtenção dos demais fatores competitivos: qualidade, produtividade e diferenciais humanos, pois, segundo Overholt (2000), as empresas bem sucedidas serão as que, de uma forma até paradoxal, desenvolverem a sua capacidade de adaptação constante e criarem um ambiente estável para a mudança contínua, tornando-se organizações flexíveis, sempre encontrando novas estratégias e adaptando-se às demandas do mercado.

> "As empresas de nova geração de hoje competem com a fabricação flexível e com sistemas de respostas rápidas, expandindo a variedade e aumentando a inovação. Uma empresa que construir sua estratégia com base nesse ciclo será um concorrente mais poderoso do que outro com uma estratégia tradicional baseada em salários baixos, escala ou foco." (Montgomery & Porter, 1998, p.52)

Como indicam essas declarações de grandes especialistas, a competitividade, na entrada do novo século, provavelmente, se baseará nos mesmos fatores que nortearam a busca das vantagens competitivas até aqui. Evidentemente que são previstos novos enfoques, "novas roupagens", mas com certeza as condições de contorno para a entrada do próximo milênio já estão definidas. Resta, portanto, saber quais as estratégias que nos darão a flexibilidade imprescindível neste contexto globalizado, proporcionando a direção e a velocidade certas.

2.2 Conceitos Básicos de Estratégias Competitivas

Segundo Porter (1986), a estratégia competitiva seria uma fórmula ampla que relaciona quais deveriam ser as metas da empresa e quais as políticas que a mesma usará para atingi-las, ou seja, é a combinação dos fins e dos meios através dos quais estes fins serão atingidos. Como fins entendem-se as metas, missão ou objetivos, e como meios, as táticas, políticas funcionais ou operacionais. Na Fig.2.1 pode-se ver o que Porter (1986) chama de "a roda da estratégia competitiva".

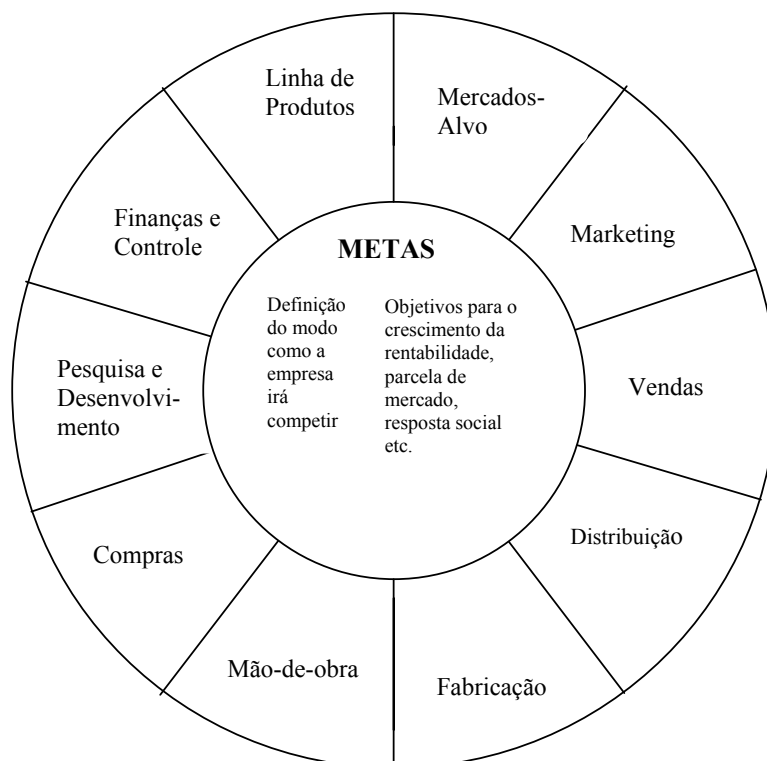



Figura 2.1 – A roda da estratégia competitiva

Fonte: Porter, 1986, p.16.

Já para Ohmae (1998B), estratégia seria um plano de ação da empresa que visa atender melhor às necessidades do consumidor, pois deve ser elaborado a partir dessas demandas de uma maneira diferenciada da concorrência. O próprio Ohmae (1998A) afirma que uma estratégia organizacional pode ser definida como uma forma de maximizar os ganhos da empresa de maneira sustentável, oferecendo aos clientes um valor maior do que aquele proposto pelos concorrentes.

Ainda segundo Porter (1986), na formulação de uma estratégia competitiva deve-se considerar o que ele chama de 4 fatores básicos, que vão determinar os limites daquilo que a companhia pode realizar com sucesso e que devem ser avaliados antes da empresa desenvolver um conjunto realista e exeqüível de metas e políticas. Tais fatores podem ser vistos na Fig. 2.2.

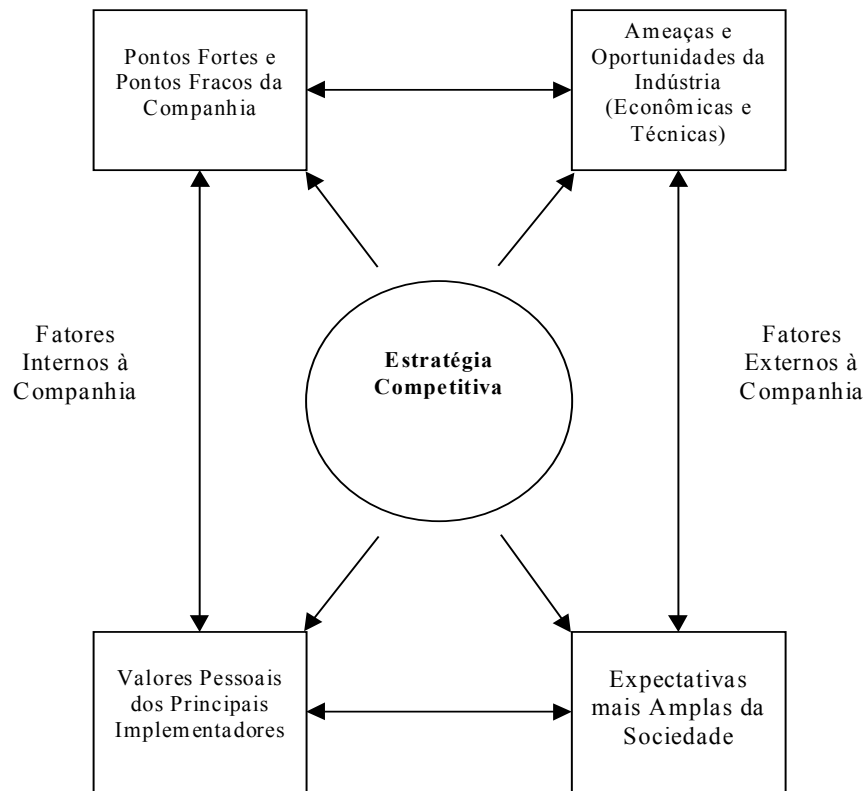



Figura 2.2 – Contexto onde a estratégia competitiva é formulada

Fonte: Porter, 1986, p.17.

Para Porter (1986), a essência da formulação de uma estratégia competitiva é relacionar uma companhia ao seu meio ambiente, sendo o aspecto principal do meio ambiente da empresa a indústria ou indústrias com as quais ela compete. O grau de concorrência nesta indústria depende de cinco forças competitivas básicas que, em conjunto, determinarão o potencial de lucro final, conforme mostrado na Fig. 2.3.

Para enfrentar estas cinco forças e criar uma posição defensável, a empresa deveria assumir ações ofensivas ou defensivas, ou seja:

- posicionar a empresa de modo que suas capacidades sirvam como melhor defesa;
- influenciar o equilíbrio de forças através de movimentos estratégicos, melhorando a sua posição relativa;
- antecipar as mudanças nos fatores básicos das forças e responder a elas fazendo uma escolha estratégica apropriada ao novo equilíbrio, antes da concorrência.

Se a estratégia escolhida for bem sucedida, obter-se-á um maior retorno sobre o investimento.

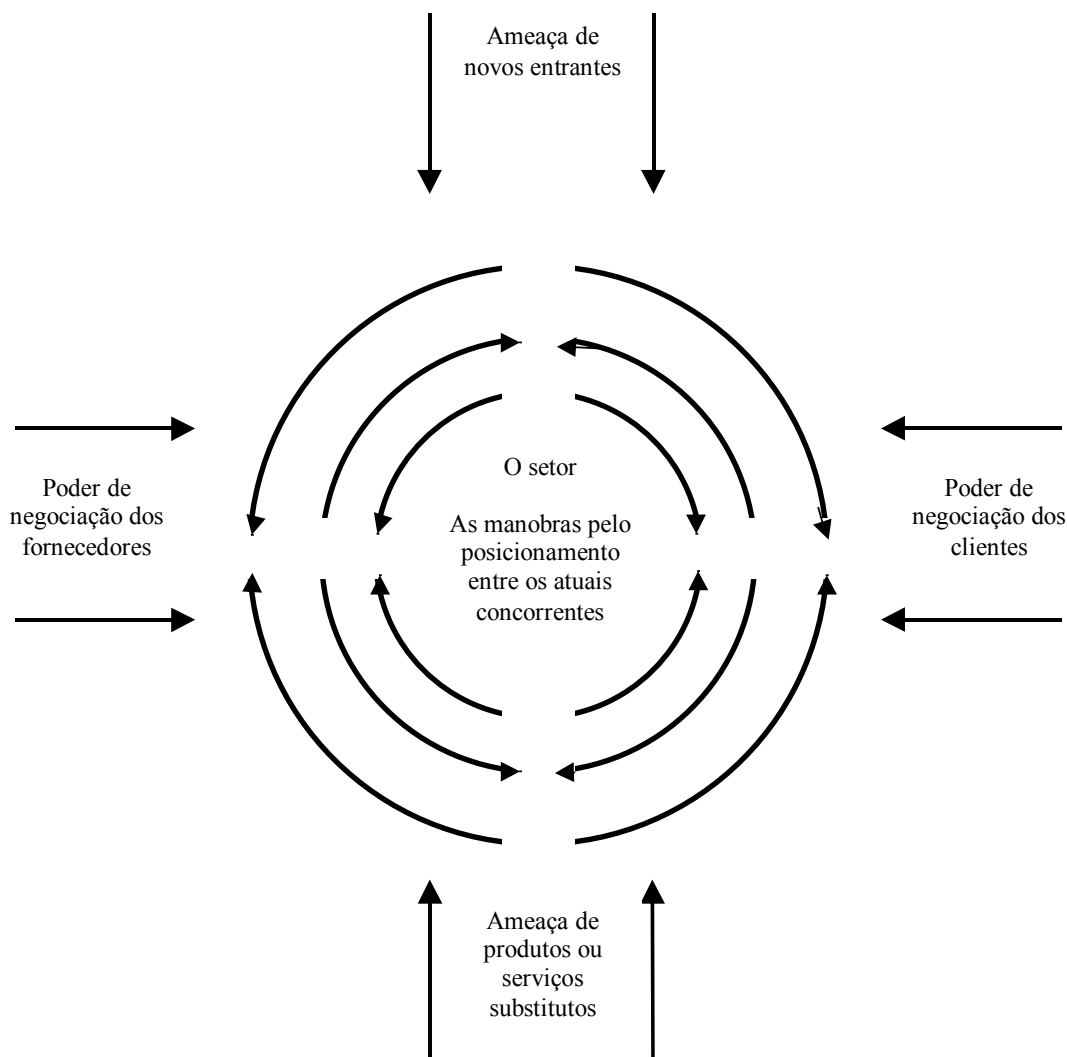



Figura 2.3 – Forças que governam a competição num setor.

Fonte: Porter, 1999 *et al.*, p.28

Para Fensterseifer (1999), os elementos fundamentais de uma estratégia competitiva, que vão estabelecer o contexto em que uma vantagem competitiva vai ser definida e alcançada, são os elencados abaixo:

- **Filosofia da Empresa -** é composta pelos princípios orientadores e atitudes, que, reforçados através do comportamento consciente ou subconsciente em todos os níveis da organização, vão comunicar metas, planos e políticas a todos os empregados.

- **Forças condutoras (*driving forces*)** - têm como função complementar e implementar a filosofia da empresa, determinando o papel da produção na sua estratégia competitiva, incluindo uma visão da sua orientação dominante - orientada para o mercado, tecnologia, materiais ou produtos – bem como seus padrões de diversificação e crescimento.

- **Prioridades competitivas** - são os objetivos de desempenho que definirão a vantagem de "fazer melhor". Para Slack (1993), "fazer melhor" apresenta cinco dimensões:

  - fazer certo – não cometer erros, produzindo de acordo com as especificações de projeto, obtendo assim uma vantagem de **qualidade**;
  - fazer rápido – fazendo com que o *Lead Time* seja menor que o da concorrência, obtendo uma vantagem de **velocidade**;
  - fazer pontualmente – aceitando as datas de entrega solicitadas pelo cliente e cumprindo os prazos para alcançar a vantagem da **confiabilidade**;
  - mudar o que está sendo feito – estando apto a mudar de acordo com as necessidades dos clientes, do processo ou por variações no suprimento de recursos, com rapidez suficiente, atingindo a vantagem da **flexibilidade**;
  - fazer mais barato – fazendo produtos com recursos mais baratos e/ou transformando-os mais eficientemente que os concorrentes e obtendo assim a vantagem de **custo**.

Conforme apresentado por Fensterseifer (1999) na Fig. 2.4, pode-se definir estratégia pela sua abrangência dentro das organizações:

- **estratégia corporativa** – na qual se faz a definição dos negócios dos quais a empresa vai participar e os recursos envolvidos, que segundo Porter *et al*. (1999) podem ser: gestão de portofólio, reestruturação, transferência de habilidades e compartilhamento de atividades;

- **estratégia de negócio** - na qual se define o escopo do negócio (produto/mercado) e as bases que manterão uma vantagem competitiva;

- **estratégia funcional** – na qual se define como a função vai dar suporte à vantagem competitiva desejada.

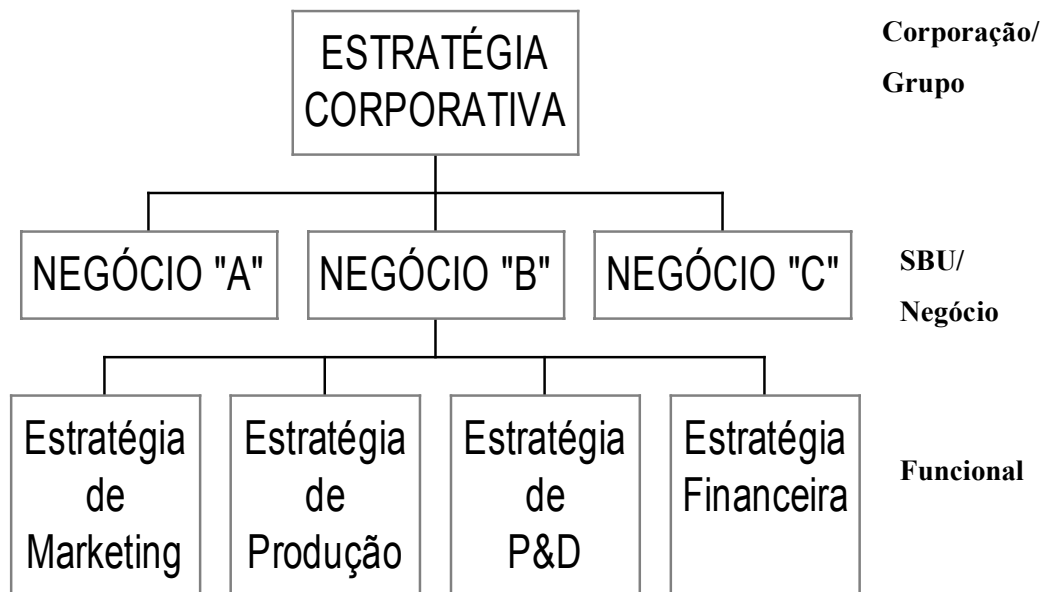



Figura 2.4 – Estratégias corporativas, de negócio e funcional

Fonte: Adaptação Fensterseifer, 1999

De acordo com Porter (1986), existem três abordagens estratégicas genéricas potencialmente bem sucedidas para criar uma posição defensável a longo prazo e superar os concorrentes em uma indústria, as quais podem ser vistas no Quadro 2.1

- **Liderança no custo total** - consiste em estabelecer um conjunto de políticas funcionais para este fim. Geralmente exige a construção agressiva de instalações em escala eficiente, uma perseguição vigorosa de redução de custo e uma atenção administrativa constante ao controle desses custos. Atingir uma posição de custo total baixo quase sempre exige posições vantajosas, como uma alta fatia de mercado relativa ou acesso favorável às matérias-primas. E, como não poderia deixar de ser, deve-se considerar os riscos inerentes a esta estratégia que são:
    - liderança no custo é de difícil sustentação, pois concorrentes imitam e a tecnologia muda, o que pode anular os investimentos ou aprendizados anteriores;
    - enfocadores no custo obtém custos ainda mais baixos em segmentos.

- **Diferenciação** - consiste em diferenciar o produto/ serviço, criando algo que seja considerado único ao âmbito de toda a indústria, sendo uma estratégia viável para obter retornos acima da média em uma indústria, proporcionando um isolamento contra a rivalidade competitiva, devido à lealdade dos consumidores à marca e a uma menor sensibilidade ao preço.

  Na maioria das vezes, atingir a diferenciação implicará em um *trade-off* com a posição de custo, principalmente se as atividades necessárias para criá-la forem inerentemente dispendiosas, como pesquisa extensiva, projeto de produto, materiais de alta qualidade ou apoio intenso ao consumidor. Como riscos desta estratégia, pode-se enumerar:

  - com o amadurecimento da indústria ocorrem as imitações;
  - se a diferença de custos entre os concorrentes de baixo custo se acentua, pode-se perder a lealdade do consumidor;
  - enfocadores na diferenciação obtêm diferenciação ainda maior em segmentos.

- **Enfoque** – baseia-se na premissa de que a empresa é capaz de atender o seu alvo estratégico estreito mais efetiva ou eficientemente do que os concorrentes que estão competindo de forma mais ampla. Desta maneira, ela pode obter retornos acima da média para a sua indústria. Pode-se dizer que a empresa atinge a abordagem genérica de enfoque quando satisfaz melhor as necessidades de seu alvo particular, ou quando consegue custos mais baixos em relação ao seu estreito alvo estratégico, ou ambos. Como riscos deve-se considerar:

  - a estratégia também pode ser imitada ou surgem novos enfocadores que poderão sub-segmentar o alvo estratégico em questão;
  - os concorrentes com alvos amplos podem dominar o segmento desde que ofereçam vantagens de custos ou diferenciação;
  - o segmento alvo torna-se sem atrativos por erosão estrutural ou queda da demanda.

Quadro 2.1 – Três estratégias genéricas

		VANTAGEM ESTRATÉGICA	
		Unicidade observada pelo cliente	Posição de baixo custo
ALVO ESTRATÉGICO	No âmbito de toda a indústria	DIFERENCIAÇÃO	LIDERANÇA NO CUSTO TOTAL
	Apenas um segmento particular	ENFOQUE	

Fonte: Porter, 1986, p.53

Toda esta abordagem de estratégias competitivas pode ser vista sob dois enfoques: o primeiro, que reúne atributos de competição, que seriam do interesse do consumidor, como qualidade e preço do produto; e o segundo, relacionado aos meios usados pela empresa para alcançar esta vantagem competitiva para cada atributo valorizado pelo consumidor, como produtividade, qualidade no processo e domínio da tecnologia. Esses enfoques Contador (1995A, B) chama, respectivamente, de Campo e Armas de Competição, a saber:

- **campos da competição -** são competição em preço, produto, prazo, assistência e imagem;
- **armas da competição** - são a produtividade, qualidade no processo, tecnologia e estoques reduzidos e a posse de pessoal capacitado e participativo (Pentastilo da Competitividade).

Para Porter *et al.*(1999), para ser atingida uma vantagem competitiva sustentável, deve-se adotar visões alternativas de estratégia, e principalmente buscar-se compatibilidade das atividades da empresa com essas visões, as quais são apresentadas no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Visões alternativas de estratégia

O Modelo Estratégico Implícito da Década Passada	A Vantagem Competitiva Sustentável
Uma posição competitiva ideal no setor	Posição competitiva única para a empresa
Benchmarking de todas as atividades e consecução da melhor prática	Atividades sob medida para a estratégia
Terceirização e parcerias agressivas para ganhar eficiência	Opções excludentes e escolhas nítidas, em comparação com os concorrentes.
As vantagens se fundamentam em alguns fatores críticos do sucesso, nos recursos básicos e nas competências essenciais.	A vantagem competitiva deriva da compatibilidade entre as atividades. A sustentabilidade emana do sistema de atividades, e não das partes.
Respostas flexíveis e rápidas a todas as mudanças competitivas e de mercado	A eficácia operacional é um pressuposto

Fonte: Porter *et al.*, 1999, p.76

"A estratégia somente significa algo quando pode ser traduzida em ação operacional. Permanece um conjunto abstrato de aspirações se é idealizado em um vácuo operacional". Com esta afirmação, Slack (1993) chama a atenção para um aspecto fundamental de qualquer estratégia industrial competitiva, que é a importância da função produção no sucesso da empresa em longo prazo.

O autor complementa dizendo que devemos considerar o papel da manufatura na criação da vantagem estratégica, reconhecendo não só as limitações das suas operações, mas também o decisivo poder competitivo que aquela função pode dar à organização como um todo. Fica evidente que qualquer empresa que esteja buscando ser competitiva deve ter uma estratégia para isto.

2.2.1 Importância de uma Visão Estratégica da Produção

Para Slack (1993), a maior prova de que a produção pode contribuir de maneira decisiva para o sucesso competitivo é o resultado que obtiveram as empresas dominantes dos setores industriais, como o de motocicletas, utilidades domésticas, automóveis e eletrônicos de consumo (principalmente japonesas) nas últimas décadas.

Estas empresas partiram de uma situação na qual se pressupunha que suas operações de produção eram capazes somente de modificações marginais, ou seja, além de produzir produtos maduros em grandes volumes, gerando caixa, aquelas áreas deveriam "controlar" os custos, "manter" as entregas programadas, permanecendo dentro de níveis qualitativos "aceitáveis" e deixando para áreas mais "nobres", como Marketing, Estratégia ou de Finanças, o papel competitivo mais decisivo.

No entanto, conforme Slack (1993), o que se viu foi a reversão desta situação, através do fato destas empresas terem percebido a vantagem preponderante que poderia advir de práticas de produção mais arrojadas. Por isso é importante que se discutam quais seriam estas praticas e as correspondentes decisões estratégicas que deveriam ser tomadas pela produção, a fim de desenvolver e dar suporte a uma vantagem competitiva duradoura.

Segundo Slack (1993), poucas vezes a manufatura contribui para a tomada de decisões estratégicas, devido ao seu estereótipo histórico, que faz com que essa função seja vista apenas como uma limitação dentro do enfoque estratégico e, em alguns casos, como a razão pela qual a empresa não pode fazer o que ela realmente quer fazer. Nesse sentido, o autor acrescenta:

> "Comparemos isso com o papel que a Manufatura poderia desempenhar. Neste caso, o sucesso competitivo da empresa como um todo é uma conseqüência direta de suas funções de manufatura terem um desempenho superior do que qualquer dos seus concorrentes. Os seus produtos têm uma especificação mais próxima das necessidades dos seus consumidores do que os feitos por qualquer concorrente, eles são feitos e chegam ao consumidor "livres de erros", são entregues em um tempo menor do que qualquer concorrente pode alcançar e sempre chegam no prazo prometido. Além disso, a função de manufatura tem confiança suficiente para mudar sua postura, adaptando-se conforme o ambiente competitivo muda." (Slack, 1993, p. 14-15)

O papel da manufatura é assim definido pelo seu desempenho em relação a consumidores e concorrentes. Os primeiros seriam os árbitros em relação ao que é importante, já os concorrentes definiriam o desempenho mínimo da competição. Pode-se então distinguir entre os objetivos da produção, que deverão traduzir as necessidades dos consumidores, os seguintes:

- **objetivos ganhadores de pedidos** - são aqueles que contribuem para o ganho de negócios direta e significativamente; são vistos pelos consumidores como aqueles que mais influenciam suas decisões de quantos negócios fazer com a empresa;

- **objetivos qualificadores** - em geral não são determinantes do sucesso competitivo, mas são aqueles aspectos da competitividade nos quais o desempenho da operação tem de estar acima de determinado nível para que o consumidor considere a empresa como possível fornecedora.

2.2.2 Análise das Decisões Estratégicas da Produção

Wheelwright, citado por Paiva (1999), define um conjunto de nove categorias de decisão que permitem a análise das diversas ações ocorridas na produção. Estas categorias, que devem manter uma coerência interna na busca dos objetivos comuns, são:

- **Capacidade** - é relacionada às discussões a respeito de instalações e a adaptação destas às demandas cíclicas, provocadas pela sazonalidade de vendas, na qual a estratégia pode ser a perseguição a esta demanda, o que exige grande flexibilidade ou a suavização das variações;

- **Instalações -** determinam o grau de focalização de cada unidade produtiva, considerando localização geográfica, tipos de processo, volume e ciclo de vida do produto;

- **Tecnologia -** determina equipamentos e o arranjo do sistema de produção (por projeto, *job shop*, por lote, linha de montagem, fluxo contínuo), considerando as características do produto, ciclo de vida e relação com o mercado;

- **Integração vertical e relação com fornecedores -** estão relacionados com a decisão entre produzir ou comprar, levando em conta: risco, confiabilidade do fornecedor, qualidade e grau de focalização;

- **Recursos humanos -** determinam as políticas da empresa para manter os funcionários motivados, trabalhando em equipe e na busca das metas;

- **Qualidade** - define como as responsabilidades serão alocadas, que ferramentas de decisão e medição e quais sistemas de treinamento e preparação de pessoal serão utilizados para que o consumidor receba o valor qualitativo requerido;

- **Escopo e novos produtos -** a partir do *mix* de produtos e processos utilizados e da rapidez necessária no lançamento de novos produtos no mercado define o grau de dificuldade e a forma do gerenciamento da Manufatura;
- **Sistemas gerenciais -** definem qual vai ser o suporte às decisões tomadas, sua implementação requer planejamento, sistemas de controle, políticas operacionais e linhas de autoridade e responsabilidade;
- **Relação interfuncional -** define a existência de sistemas gerenciais que possibilitem a interação entre as áreas da empresa.

2.2.2.1 Eficácia Operacional e Estratégia

Para Porter *et al*.(1999), eficácia operacional não é estratégia, mas o autor complementa dizendo que os gerentes modernos acabam fazendo esta confusão:

> "A raiz do problema é a incapacidade de distinguir entre eficácia operacional e estratégia. A busca da produtividade, da qualidade e da velocidade disseminou uma quantidade extraordinária de ferramentas e técnicas gerenciais: gestão de qualidade total, *benchmarking*, competição baseada no tempo, terceirização, parceria, reengenharia e gestão da mudança. Embora as melhorias operacionais daí resultantes muitas vezes tenham sido drásticas, muitas empresas se frustraram com a incapacidade de refletir estes ganhos em rentabilidade sustentada. E, aos poucos, de forma quase imperceptível, as ferramentas gerenciais tomaram o lugar da estratégia. À medida que se desdobram para melhorar em todas as frentes, os gerentes se distanciam cada vez mais de posições competitivas viáveis." (Porter et al., 1999, p. 47)

Para Porter *et al*.(1999), tanto a eficácia operacional quanto a estratégia são essenciais para o desempenho superior, que é o objetivo primordial de todas as empresas, mas o mesmo salienta que a primeira é condição necessária mas não suficiente para lograr tal fim. Para superar em desempenho os concorrentes, a empresa deve estabelecer uma diferença preservável, ou seja, proporcionar maior valor aos clientes ou gerar valor comparável a um custo mais baixo, ou ambos.

A aritmética da rentabilidade superior torna-se possível à medida que o fornecimento de maior valor permite à empresa cobrar preços unitários médios mais elevados; a maior eficiência resulta em custos unitários médios mais baixos (na seção 3.3 será visto que tal estratégia é válida para situações muito específicas). Desta forma, todas as diferenças entre as empresas no custo ou no preço derivam das atividades necessárias para a criação, produção, venda e entrega dos produtos e serviços. As vantagens de custo resultam do exercício de

algumas destas atividades, ou de todas, de forma mais eficiente do que os concorrentes. Pode-se dizer que a diferenciação emana da escolha das atividades e da maneira como são desempenhadas.

A eficácia operacional (EO) significa o desempenho de atividade melhor do que os concorrentes. Não se limitando apenas à eficiência, mas a qualquer prática pela qual a empresa utiliza melhor os insumos, como a redução de defeitos nos produtos ou o desenvolvimento de melhores produtos com maior rapidez. O posicionamento estratégico significa desempenhar atividades diferentes ou as mesmas atividades de maneira diferente que os seus concorrentes.

> "Compreender bem quais devem ser os objetivos de desempenho da Manufatura pode ser o começo essencial para o atingimento de uma vantagem em manufatura, mas não a garante por si só. Tal transformação somente ocorre depois que a operação torna-se mais eficaz nas várias atividades de Manufatura [...]" (Slack, 1993, p. 25-26)

Para Slack (1993), os objetivos do desempenho, que são: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custos, definem o comportamento das operações de manufatura na busca de competitividade. A estratégia de manufatura seria o conjunto das tarefas e decisões coordenadas que precisam ser tomadas para atingir aqueles objetivos.

2.2.2.2 Estratégias para Produtos Maduros

Para Porter (1986), pode-se prever o curso da evolução das indústrias usando o conceito do **ciclo de vida do produto**, que se subdivide em estratégias definidas pelos pontos de modulação no índice de crescimento das vendas da indústria – introdução, crescimento, maturidade e declínio.

> "A fase introdutória horizontal de crescimento da indústria reflete a dificuldade de superar a inércia do comprador e estimular os testes do novo produto. O crescimento rápido ocorre quando muitos compradores se precipitam no mercado tão logo o produto prove o seu sucesso. A penetração dos compradores em potencial do produto é finalmente alcançada, fazendo com que o crescimento rápido estacione e nivele-se a um índice básico de crescimento do grupo de compradores relevantes. Finalmente, o crescimento decrescerá conforme forem aparecendo novos produtos substitutos." (Porter, 1986, p. 157)

Apesar dessas considerações, o ciclo de vida do produto tem gerado críticas, tais como:

- devido ao fato da duração dos estágios variar demasiadamente de indústria para indústria e não haver uma clareza e precisão em que estágio estaria cada uma, tal conceito tem pouca utilidade como instrumento de planejamento;
- nem todas as indústrias atravessam sempre o mesmo padrão, podendo, algumas vezes, o crescimento da indústria revitalizar-se após um período de declínio, como ocorreu nas indústrias de motocicletas e bicicletas, ou pular alguma fase, como o declínio ou mesmo a lenta partida da fase introdutória;
- a inovação do produto ou o reposicionamento da empresa pode alterar o formato da curva;
- a natureza da concorrência para cada estágio varia de indústria para indústria.

Então, embora existam restrições quanto à universalidade da utilização do conceito de ciclo de vida do produto, Porter (1986) formula, no Quadro 2.3, os prognósticos mais comuns sobre como uma indústria modifica-se no decorrer do ciclo de vida e de que forma isto afetaria a estratégia.

Quadro 2.3 – Prognósticos das teorias do ciclo de vida do produto

	Introdução	**Crescimento**	**Maturidade**	**Declínio**
Compradores e Comportamento do Comprador	Comprador de alta renda Inércia do comprador Compradores devem ser convencidos a testar o produto.	Ampliação do grupo de compradores Consumidor irá aceitar qualidade irregular.	Mercado de massa Saturação Repetição de compra A regra é escolher entre marcas.	Clientes são compradores sofisticados do produto.
Produtos e Mudança no Produto	Qualidade inferior Projeto do produto e chave para o desenvolvimento Muitas variações diferentes do produto; sem padronização.	Produtos têm diferenciação técnica e de desempenho Confiabilidade é básica para produtos complexos Aperfeiçoamentos competitivos no produto Boa qualidade.	Qualidade superior Menor diferenciação do produto Padronização Mudanças mais lentas no produto – mais mudanças anuais mínimas no modelo Trocas tornam-se significativas.	Pequena diferenciação do produto Qualidade irregular do produto.
Marketing	Publicidade/Vendas (P/V) muito altas Melhor estratégia de preços Altos custos de marketing	Muita publicidade, mas uma percentagem mais baixa de vendas do que na introdução Maior promoção de medicamentos Publicidade e distribuição são básicas para produtos não-técnicos.	Segmentação do mercado Esforços para ampliar o ciclo de vida Linha ampla Predominam os serviços e os negócios Embalagem importante Concorrência de publicidade P/V mais baixas	P/V e outro tipo de marketing baixos

	Introdução	**Crescimento**	**Maturidade**	**Declínio**
Fabricação e Distribuição	Supercapacidade Lotes pequenos de produção Alto conteúdo de mão-de-obra especializada Altos custos de produção Canais especializados.	Subcapacidade Mudança para produção em massa Luta pela distribuição Canais de massa	Certa supercapacidade Capacidade ótima Crescente estabilidade do processo de fabricação Mão-de-obra menos especializada Grandes lotes de produção com técnicas estáveis Canais de distribuição reduzem suas linhas para melhorar suas margens.	Supercapacidade substancial Produção
P&D	Técnicas de produção mutáveis		Altos custos de distribuição física devido às linhas amplas Canais de massa	
Comércio exterior	Algumas exportações	Exportações significativas Poucas importações	Queda nas exportações Importações significativas	Nenhuma exportação Importações significativas
Estratégia global	Melhor período para aumentar parcela de mercado P&D, engenharia são funções básicas	Época propícia para alterar a imagem de qualidade ou de preço Marketing a função básica	Época inauspiciosa para aumentar parcela de mercado Principalmente se for companhia com pequena parcela Torna-se básico ter custos competitivos Época inauspiciosa para alterar a imagem de preço ou a imagem de qualidade “Eficácia do marketing” é básica	Controle de custos é básico
Risco	Alto risco	Riscos podem ser assumidos aqui porque o crescimento os encobre	Ciclicidade tem início	
Margens e Lucros	Margens e preços altos Lucros baixos Elasticidade-preços para vendedor individual não é tão grande como na maturidade	Lucros altos Preços razoavelmente altos Preços mais baixos do que na fase introdutória Clima propício à aquisição	Queda de preços Lucros mais baixos Margens mais baixas Margens dos revendedores mais baixas Maior estabilidade das parcelas de mercado e estrutura de preços Clima inauspicioso para aquisição – difícil vender companhias As menores margens e preços	Preços e margens baixos Queda de preços Preços podem subir no final do declínio

Fonte: Porter, 1986, p. 159-161

Para Porter (1986), a maturidade não ocorre inevitavelmente em um momento determinado no desenvolvimento de uma indústria; tal ponto pode ser retardado por eventos que estimulem o crescimento contínuo dos seus participantes. Quando ocorre, a mesma quase sempre caracteriza-se por ser um período crítico para a empresa, exigindo respostas estratégicas difíceis, causando impactos na estrutura organizacional e na própria forma de gerenciamento.

Uma série de mudanças no meio competitivo podem ocorrer na transição para a maturidade. As tendências mais prováveis são:

- crescimento lento significa uma maior concorrência por parcela de mercado;
- as empresas na indústria estão, cada vez mais, vendendo para compradores experientes e repetidos;
- a concorrência, normalmente, passa a dar uma maior ênfase ao custo e ao serviço;
- existe um problema de sobrepujamento em ampliar a capacidade da indústria e o pessoal;
- os métodos de fabricação, marketing, distribuição, venda e pesquisa estão sofrendo alterações;
- a obtenção de novos produtos e novas aplicações é mais difícil;
- a concorrência internacional aumenta;
- os lucros da indústria, normalmente, diminuem durante o período de transição;
- as margens dos revendedores caem, mas o seu poder aumenta.

Segundo Hayes e Wheelwright, citados por Paiva (1999), o processo de produção, por estar intimamente ligado ao produto, deveria adequar-se ao ciclo de vida do mesmo, bem como à estratégia de marketing da empresa. De acordo com a visão destes autores, no início da evolução da vida de um produto, o processo produtivo tem uma característica muito "fluida" (grande flexibilidade com custos elevados), com disposição tipo *job-shop*, e evolui através de um processo sistêmico, no qual existem grandes investimentos de capital em direção a uma maior padronização, mecanização e automação. Essa evolução pode ser vista no Quadro 2.4.

Embora historicamente nesta nova etapa o processo produtivo tenda a se tornar menos flexível, equipamentos como o FMS (*Flexible Manufacturing System*), ou técnicas, como troca rápida de ferramentas, têm possibilitado maior flexibilidade.

Quadro 2.4 – Matriz Produto – Processo

	Estrutura do produto – Estágio do ciclo de vida do produto			
	Partida	Crescimento	Maturidade	Declínio/ *Commodity*
	Baixo volume Baixa padronização	Múltiplos produtos Baixos volumes	Menor quantidade de produtos Maior volume	Altos volumes Alta padronização, *commodities*
Estrutura do processo				
Job shop	Empresa gráfica			
Fluxo de linha descontínuo (lote)		Equipamentos pesados		
Fluxo linha contínuo (linha de montagem)			Montadoras de automóveis	
Fluxo contínuo				Refinarias de açúcar

Fonte: Adaptação Hayes e Wheelwright citados por Paiva,1999.

Para Porter (1986), a maturidade torna "agudo" o dilema estratégico: liderança no custo total "versus" diferenciação "versus" enfoque, no qual a escolha correta pode significar uma questão de sobrevivência. Por isso ele formula algumas estratégias, que, embora não possam ser generalizadas para todas as indústrias, podem ser usadas como base para o enfrentamento da fase de transição para a maturidade:

- **análise de custo mais refinada** – baseia-se na racionalização do *mix* do produto e na fixação correta de preços (não trabalhando com custos médios, mas custos específicos por item);
- **projeto do produto e de seu sistema de entrega** - para facilitar a fabricação e um controle com custo mais baixo e a inovação no processo de fabricação (melhoramento contínuo);
- **maior volume de compras** – nesta fase, é preferível tentar vendas incrementais aos clientes existentes do que tentar novos clientes, o que seria mais dispendioso;
- **comprar ativos baratos** – pode-se melhorar as margens e criar uma posição de baixo custo ao adquirir companhias em situação difícil, devido ao aspecto provocado pela maturidade, ou comprar ativos liquidados, desde que o índice de

mudança tecnológica não seja demasiado;

- **seleção dos compradores** – como os compradores vão ficando mais informados e exigentes, a seleção destes, muitas vezes, passa a ser fundamental para assegurar a rentabilidade;
- **curva de custos diferente** – como normalmente existe mais de uma curva de custos possível, a empresa, embora não sendo a líder em custo total, pode tentar encontrar novas curvas, o que, para uma certa variedade de produtos, ou um específico volume de encomendas, poderia torná-la um produtor de custo mais baixo, pelo menos para um certo tipo de compradores.

Para Black (1998), existem relações gerais e clássicas entre o ciclo de vida do produto e o tipo de sistema de manufatura que o produz, segundo Fig. 2.5. Isto faz com que os sistemas fabris mudem dinamicamente com o tempo, de acordo com os passos do ciclo de vida elencados abaixo:

- **partida** - neste período tem-se novos produtos ou novas empresas, que tendem a ser pequenas com baixos volumes;
- **crescimento rápido** - o produto torna-se padrão, e há um rápido aumento de volume, a capacidade da empresa é ressaltada pela sua habilidade em satisfazer a demanda;
- **maturação** - nesta fase surgem projetos padronizados e o desenvolvimento do processo passa a ser importante;
- ***commodity* ou declínio** - neste período, o produto tem longa vida e passa a ser padrão da indústria ou então é lentamente substituído por outros produtos melhorados.

Segundo Black (1998), a maturação de um produto no mercado modifica a competição, que deixa de depender tanto das características do produto e passa a basear-se mais no preço e no prazo de entrega. Uma vez que o foco competitivo muda ao longo do ciclo de vida do produto, as prioridades competitivas – custo, qualidade, flexibilidade e dependência de entrega (confiabilidade) - também devem mudar. A estabilidade do projeto do produto, o seu ciclo de desenvolvimento, a padronização de componentes, bem como os próprios processos de manufatura, são afetados pelo estágio do ciclo de vida do produto.

Fator	Início	Crescimento rápido	Maturação	***Commodity* ou declínio**
Sistemas de manufaturas tradicionais	Layout	LFP com algum fluxo	LFP com linhas de produção e de montagem	Maior produção em massa em linha
Variedade de produtos	Grande variedade, grande inovação	Padronização crescente	Surgimento de um padrão de projeto dominante	Grande padronização, características de ***commodity***
Estrutura industrial	Pequenos competidores	Reestruturação e consolidação	Poucas grandes empresas	"Sobreviventes" transformam-se em commodities
Formas de competição	Características do produto	Qualidade, custo e disponibilidade do produto	Preço e qualidade com confiabilidade	Preço com qualidade consistente
Inovações de processos	Baixa	Média para alta	Alta	Média
Automação	Baixa	Média	Média para alta	Alta

Figura 2.5 – Relações tradicionais entre o ciclo de vida do produto e o desenvolvimento/ evolução do sistema fabril

Fonte: Black, 1998, p. 41.

2.3 Sistemas de Produção

Neste trabalho não se pretende fazer uma análise completa dos sistemas de produção existentes, mas apenas a contextualização do assunto tema desta pesquisa – Produção Enxuta e a Autonomação, a partir de suas origens e seus predecessores, dentro do ramo industrial onde seus conceitos tiveram início – a indústria automobilística, a qual trouxe contribuições significativas, que, embora não possam ser generalizadas, servem para que se entenda a real importância deste revolucionário sistema de produção.

Segundo Womack *et al*. (1992), a indústria automobilística – que Peter Drucker, há quarenta anos já chamava de "a indústria das indústrias" – é ainda mais importante do que parece, pois por duas vezes durante o século XX alterou as noções mais fundamentais de como produzir bens.

A primeira delas, no desenvolvimento do sistema de produção em massa e depois e, principalmente, no advento do sistema de Produção Enxuta, que, além de ser uma nova maneira de produzir, também passou a determinar uma nova forma de trabalhar, comprar, pensar e até de viver. Para Womack *et al*. (1992), a melhor forma de se compreender a importância do sistema de Produção Enxuta é contrastá-lo com a produção artesanal e a produção em massa.

2.3.1 Da Produção Artesanal à Produção em Massa

2.3.1.1 Histórico

Para Womack *et al*.(1992), a produção artesanal de automóveis possuía as seguintes características:

- força de trabalho altamente qualificada, desde o projeto, operação de máquinas, ajuste e acabamento. O progresso acontecia através de um aprendizado abrangendo todo um conjunto de habilidades artesanais, podendo, desta forma, a força de trabalho administrar suas próprias oficinas, originando assim os empreendedores autônomos;

- organizações, que, embora de abrangência local, eram muito descentralizadas do ponto de vista funcional, onde o proprietário/ empresário coordenava o sistema consumidor/ empregado/ fornecedor;
- maquinário de produção de uso geral (sem especialização);
- baixíssimo volume de produção, onde não havia a mínima padronização de peças de produtos, nem a intercambiabilidade de peças e componentes, que precisavam ser ajustados um a um;
- custos de produção elevados, que não diminuíam com o aumento do volume;
- o sistema era incapaz de garantir a qualidade do produto – na forma de confiabilidade e durabilidade, pois, devido à carência de testes sistemáticos na fábrica, era o próprio comprador que acabava realizando-os;
- ausência de pesquisa sistemática na busca de inovações e avanços tecnológicos.

Conforme Hammer & Champy (1994), o filósofo e economista Adam Smith, em seu livro *A Riqueza das Nações,* publicado em 1776, ao descrever sua prototípica fábrica de alfinetes, já reconhecia que a tecnologia da revolução industrial havia criado oportunidades sem precedentes para os fabricantes aumentarem a produtividade da mão-de-obra e, desta forma, reduzirem o custo dos produtos através daquilo que o próprio Smith denominou de princípio da divisão do trabalho. Esse princípio possibilitou o aumento da produtividade, devido a três diferentes circunstâncias:

- aumento da habilidade de cada trabalhador, que passou a executar sempre a mesma tarefa;
- economia do tempo que era perdido nas trocas de tarefas;
- desenvolvimento de máquinas e ferramentas específicas para cada tarefa.

No entanto, o grande salto no desenvolvimento da organização empresarial só seria dado no início do século XX pelos pioneiros do automóvel: Henry Ford e Alfred Sloan. O primeiro aperfeiçoou o conceito de Smith e decompôs a montagem de carros em uma seqüência de tarefas simples e repetitivas, o que possibilitou enormes ganhos de produtividade e a utilização da mão-de-obra com baixa qualificação.

Esse sistema fabril muito mais eficiente demandava, porém, uma nova forma de coordenação do processo produtivo, e foi aí que Sloan, o sucessor do fundador da General Motors, Willian Durant, entrou em cena, criando o sistema gerencial, que complementou a organização da qual Ford fora pioneiro. É da associação destas duas abordagens que nasceu o chamado sistema de produção em massa.

Segundo Womack *et al*. (1992), a chave para a produção em massa consistia na completa e consistente intercambiabilidade das peças, conseguida através de padronização das medidas, e na conseqüente facilidade de ajustá-las entre si e não, conforme muitos acreditam, na linha de montagem em movimento contínuo.

2.3.1.2 Características de Organização e Força de Trabalho

Segundo Womack *et al*.(1992), a produção em massa em sua forma final amadurecida, evoluída a partir das práticas de fabricação de Ford, das técnicas de marketing e gerência de Sloan e acrescida do novo papel do movimento sindical no controle das definições e conteúdo das tarefas, atingiu seu apogeu na década de 50. Como características deste novo sistema de produção baseado na divisão do trabalho, tem-se:

- o ritmo de produção, normalmente, era ditado pela linha de montagem (normalmente um transportador mecanizado);
- supervisão com foco de “fiscalizador”;
- mão-de-obra sem a visão total do produto, especializada em poucas tarefas e operações, o que possibilitava treinamentos muitos simples e rápidos;
- maquinário dedicado e muito pouco flexível para o caso de mudança dos produtos;
- garantia da qualidade era feita na inspeção final, por especialistas da qualidade;
- para garantir o funcionamento de todo o sistema, a mão-de-obra indireta era elevada;
- o baixo custo era viabilizado pela “economia de escala”;
- os volumes de produção eram elevados e baseados em grandes lotes de produto, para garantir a intercambiabilidade de peças a baixo custo;
- não havia o incentivo à participação dos operários no melhoramento do processo;

- tendência à verticalização do negócio, o que acarretou uma burocracia em alta escala;
- a automação no correr dos anos gradualmente reduziu a necessidade de mão-de-obra dos montadores.

2.3.1.3 Forma de Gerenciamento

Para Hammer e Champy (1994), a partir do momento em que Sloan, aplicando o princípio de Adam Smith à gerência, assim como Ford o aplicara à produção, pôde visualizar que os altos executivos, ao invés de dominar engenharia ou fabricação, necessitavam é de perícia financeira e habilidade para examinar os números das vendas, lucros e perdas, níveis de estoque, participação no mercado e outros, consolidou-se o item fundamental que estava faltando ao novo sistema de produção em massa – a forma de gerenciamento.

De acordo com Hammer & Champy (1994), nas décadas de 50 e 60, a capacidade e o atendimento da demanda, sempre crescente, eram a principal preocupação dos executivos, e como as estruturas piramidais, ideais para o controle e planejamento, eram a forma organizacional mais comum na maioria das organizações, "bastava adicionar à base do organograma os trabalhadores necessários, e, depois, preencher os níveis gerenciais acima, no caso de crescimentos rápidos".

> "Essas são, portanto, as raízes das atuais corporações, os princípios, forjados pela necessidade em torno dos quais as atuais empresas se estruturaram. Se as empresas modernas fragmentam o trabalho em tarefas sem sentido, é porque outrora a eficiência era alcançada dessa forma. Se elas difundem o poder e a responsabilidade através de imensa burocracia, é porque aprenderam assim a controlar os dispersos investimentos. Se elas resistem às sugestões de mudarem a sua forma de funcionamento, é porque esses princípios organizacionais e as estruturas deles decorrentes durante décadas mostraram um bom funcionamento." (Hammer & Champy, 1994, p. 9)

Sendo o gerenciamento um aspecto fundamental em qualquer sistema de produção, fica evidente, pelas afirmações de Hammer & Champy (1994), que a contextualização referida no início da seção 2.3 adquire suma importância para que se possa valorizar adequadamente o tema da Produção Enxuta, que significa, como será visto no capítulo 3, a quebra de boa parte destes paradigmas históricos.

2.3.1.4 Limitações e Declínio

Conforme Womack *et al.*(1992), apesar das modificações introduzidas por Sloan, persistia a idéia institucionalizada por Ford de que os operários seriam peças intercambiáveis do sistema de produção em massa, o que provocava insatisfações e alta rotatividade na mão-de-obra.

Este processo repetiu-se com as fábricas européias 20 anos mais tarde. Estes sentimentos "e a inevitável monotonia das fábricas de produção em massa começaram a se configurar insuportáveis. Daí ter-se seguido uma onda de inquietação". Fato é que, nas décadas de 70 e 80, os trabalhadores europeus continuaram achando o trabalho nas linhas de montagem tão desestimulante, que a principal prioridade nas negociações sindicais era a redução da jornada de trabalho.

Hammer & Champy (1994) destacam que nos anos 60 surgiram novas tecnologias de escritório, e, portanto, as empresas se viram impelidas a decompor ainda mais o seu trabalho administrativo em tarefas cada vez menores e repetitivas, inclusive passíveis de serem mecanizadas ou automatizadas.

Com o crescimento do número de tarefas, os processos globais de produção de um produto ou serviço tornaram-se mais complexos e de difícil gestão. Desta forma, cresceu o número de gerentes funcionais ou de nível médio no escalão intermediário do organograma, aumentando a distância entre a alta gerência e os usuários dos produtos ou serviços, o que transformou as respostas dos clientes às estratégias da empresa em meros "números frios que escalavam as várias camadas da organização".

2.3.2 Produção Enxuta, uma Aplicação Universal?

Na visão de Hammer & Champy (1994), o princípio da divisão do trabalho de Adam Smith, que norteou a organização da maioria das empresas durante o século XX, "simplesmente se tornou inoperante", pois a crise de competitividade mundial não advém de um ciclo comercial previsível, onde os períodos de redução da atividade econômica são temporários, "isso porque o próprio ciclo: prosperidade seguida de recessão, seguida por uma nova fase de prosperidade, faz parte do passado".

O que se vê, hoje, são as três forças – clientes, concorrência e mudança – impelindo as atuais empresas para um contexto que exige, cada vez mais, flexibilidade e rapidez de resposta dos seus gerentes e executivos. Pode-se dizer que as empresas, organizadas para o sistema de produção em massa, não estão conseguindo ajustar-se a esse novo mundo, onde não existe mais estabilidade e crescimento constante da demanda.

Segundo Womack *et al.* (1992), o surgimento da Produção Enxuta na indústria automobilística japonesa viabilizou uma maneira inteiramente nova de produzir, cujos princípios aplicam-se igualmente a todas as indústrias do mundo e têm potencial para transformar o mundo industrial, exercendo, inclusive, "profundo efeito sobre a sociedade humana".

> "Visto como um sistema fundamental de controle de produção, o Sistema Toyota de Produção deve ser aplicável a fábricas de qualquer país, tendo somente que ser adaptado às características de cada situação. Acredito que a implementação cuidadosa resultará em grandes melhorias. Espero sinceramente que as empresas de todo o mundo entendam a essência do Sistema Toyota de Produção e apliquem-no de maneira efetiva". (Shingo, 1996, p. XXII)

3 PRODUÇÃO ENXUTA

Womack *et al*. (1992), no seu livro *A Máquina que mudou o mundo*, relata com bastante propriedade o processo histórico do surgimento da Produção Enxuta. Segundo ele, ao retornar a Nagoya em 1950, após uma viagem de 3 meses visitando as instalações da Ford em Detroit, Eiji Toyoda – sobrinho de Kiichiro Toyoda, o fundador da Toyota Motor Company, tinha bem claro que simplesmente copiar e aperfeiçoar o modelo de Rouge seria muito difícil, pois tanto Eiji, um engenheiro de habilidades e ambições singulares, quanto o seu colaborador e "gênio da produção", Taiichi Ohno, estavam convencidos de que a produção em massa jamais funcionaria no Japão.

A partir dessa constatação, iniciaram um processo de melhoramento do seu sistema de produção, que a Toyota batizou de Sistema Toyota de Produção (STP) e que mais tarde foi rebatizado de Produção Enxuta, por isso passar-se-á, doravante, a usar estas duas denominações como sinônimas.

Ghinato (1996) resume de maneira bastante esclarecedora este processo de evolução, que iniciou logo após o final da Segunda Guerra Mundial e durou mais de vinte anos. O autor salienta que, embora a Toyota Motor Company Ltd. tenha sido fundada em 1937, muitos dos princípios e mecanismos do STP tiveram origem ainda no início do século, "através da genialidade dos seus primeiros dirigentes".

O princípio da completa eliminação das perdas, essência do STP, surgiu a partir da leitura de Taiichi Ohno ao desafio feito por Kiichiro Toyoda – a equiparação com os Estados Unidos da América em três anos - pois Ohno percebeu que a diferença de produtividade dos americanos só poderia ser devido a algum tipo de "trabalho inútil" que provavelmente os japoneses estavam fazendo.

A sistemática dos Cinco Porquês foi adaptada e introduzida por Ohno na Toyota, baseada no hábito de Sakichi Toyoda (1967-1930), quando ainda à frente da Toyoda Automatic Loom Works Ltd. e da Toyoda Spinning and Weaving Ltd. (as precursoras da Toyota Motor Co), de ir formulando "porquês" até encontrar as causas raízes dos problemas. O conceito de Autonomação (*Jidoka*) foi inspirado, como será visto no capítulo 4, nos mecanismos de parada automática desenvolvidos por Sakichi Toyoda e instalados em teares.

Kiichiro Toyoda, com a sua visão de manter os componentes do automóvel ao lado da linha de montagem, ao invés de centralizados num almoxarifado distante, inspirou o "*Just-In-Time*". O próprio "*kanban*", instrumento que operacionaliza o *Just-In-Time*, introduzido na Toyota em 1953 e inspirado na lógica da realimentação das prateleiras dos supermercados americanos, teve seus primeiros estudos iniciados na década de 1940.

De acordo com Womack *et al*. (1992), a Toyota Motor Co, no início dos anos 50, contrariando, inclusive, as orientações do Ministério do Comércio Exterior e Indústria do Japão (MITI) – que acreditava que o primeiro requisito de uma indústria automobilística internacionalmente competitiva seria uma escala de produção elevada e especializada em um determinado tipo/ tamanho de carro – partiu para ser um produtor automobilístico completo, com uma gama de novos modelos, que não usaria as mesmas armas e métodos de produção de Detroit, pois a sua estratégia não era tornar-se "mais um na indústria automobilística mundial".

Taiichi Ohno, o principal engenheiro de produção da companhia, sabia que os métodos da produção artesanal não serviam mais, e que para competir com a produção em massa era preciso desenvolver uma nova e mais dinâmica forma de produzir – o Sistema Toyota de Produção.

3.1 Conceitos Básicos Organizacionais

No entender de Monden (1998), o propósito principal do STP é a eliminação dos desperdícios ocultos dentro da Empresa. Desta forma, garante-se o lucro, mesmo durante períodos de crescimento lento, através da redução de custo, obtida por intermédio de atividades de melhoria. No caso da Toyota, esta redução de custos não segue as linhas de Taylor e Ford, pois o seu conceito de custo é mais amplo e não se atém somente aos custos de fabricação, mas também aos custos de venda, administrativos e até custo do capital.

> "O Sistema Toyota de Produção, com seus dois pilares defendendo a absoluta eliminação do desperdício, surgiu no Japão por necessidade. Hoje, numa era de lento crescimento econômico no mundo inteiro, este sistema de produção representa um conceito em administração que funcionará para qualquer tipo de negócio". (Ohno, 1997, p.30)

Womack *et al*.(1992) acreditam que uma fábrica realmente enxuta possui duas características organizacionais fundamentais:

- delegação e transferência do máximo de tarefas e responsabilidades, tanto da gerência quanto da mão-de-obra indireta – manutenção, limpeza, preparação ferramental, qualidade, etc...- para os trabalhadores que realmente agregam valor ao produto;
- existência de um sistema de detecção de defeitos que relaciona cada irregularidade com "sua derradeira causa", evitando, desta forma, sua propagação e reincidência.

Para que tudo isso funcione, é imprescindível o trabalho em equipe e um sistema de disseminação de informações simples e abrangente, que possa informar a todos em qualquer instante – metas diárias de produção, número de produtos fabricados até o momento, panes no equipamento, falta de pessoal, necessidade de horas-extras, situação do defeituoso – estabelecendo, assim, a sinergia de todo o time no caso da ocorrência de alguma anormalidade. Isso pode ser facilitado com a utilização de quadros andon, como será visto no capítulo 4.

Womack *et al*.(1992) ressaltam a importância do trabalho em equipe para que a fábrica enxuta funcione. No entanto, salienta que a montagem dessas equipes é uma tarefa complexa, pois é preciso:

- dotar os trabalhadores de qualificações que permitam a rotatividade de tarefas dentro da sua equipe de trabalho;

- ampliar a capacitação dos operários para que eles possam executar tarefas adicionais como: reparos simples de máquinas, controle de qualidade, limpeza e solicitações de materiais;

- encorajar os trabalhadores a pensarem proativamente, de modo a encontrarem soluções antes que os problemas se tornem graves.

Enquanto isso, a gerência, por sua vez, deverá valorizar os trabalhadores qualificados, fazer sacrifícios para mantê-los, e estar propensa a delegar responsabilidade à equipe, estabelecendo assim um senso de compromisso mútuo.

> "É uma filosofia de gerenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender às necessidades dos clientes no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e interligando não só a manufatura, mas toda as partes da organização." Ghinato, 2000, p. 31)

Como é possível perceber, esta "filosofia de gerenciamento" compreende toda a cadeia de valor da empresa, portanto faz-se necessária uma rápida análise de como se dá esta influência no sistema de valores em que a empresa está inserida, para logo em seguida retornar ao foco deste trabalho – a área de produção - a fim de garantir-se o perfeito entendimento do STP.

3.2 Cadeia de Valor

Segundo Womack et al. (1998), da mesma forma que "as atividades que não podem ser medidas não podem ser adequadamente gerenciadas", as atividades usadas para criar um bem ou serviço que não possam ser precisamente identificadas, analisadas e associadas, igualmente, não poderiam ser questionadas, mehoradas ou até eliminadas. Daí a importância de se gerenciar as cadeias de valor específicas para bens ou serviços específicos, pois conforme o autor as atividades que compõem estas cadeias podem ser divididas nas seguintes categorias:

- aquelas que realmente criam valor, o qual é percebido pelo cliente;
- aquelas que não criam valor, no entanto são necessárias para os sistemas de desenvolvimento ou produção de um produto ou serviço;
- aquelas que não criam valor para o cliente, as quais podem e devem ser imediatamente eliminadas.

Salienta-se que na seção 3.4 será aprofundado o tema sobre essas atividades que não criam valor percebido pelo cliente.

Para Porter *et al.* (1999), o conceito de "cadeia de valor" identifica as várias atividades que a empresa desempenha para executar o seu negócio. Estas atividades, diferenciadas do ponto de vista tecnológico e econômico, são chamadas de "atividades de valor" e vão gerar o

valor, que é mensurado através do preço que os compradores estão dispostos a pagar pelo produto ou serviço. “O negócio é rentável quando o valor que cria é superior ao custo do desempenho das atividades de valor”.

As atividades de valor da empresa enquadram-se em nove categorias genéricas, as quais, como pode ser visto na Fig. 3.1, podem ser de apoio e primárias, interagindo de uma forma matricial na busca da garantia das margens de lucratividade.

Atividades de Apoio
Infra-estrutura da Empresa
Gestão de recursos humanos
Desenvolvimento da tecnologia
Compras de bens e serviços
Logística de entrada
Operações
Logística de saída
Marketing e vendas
Serviços
Atividades primárias
Margem

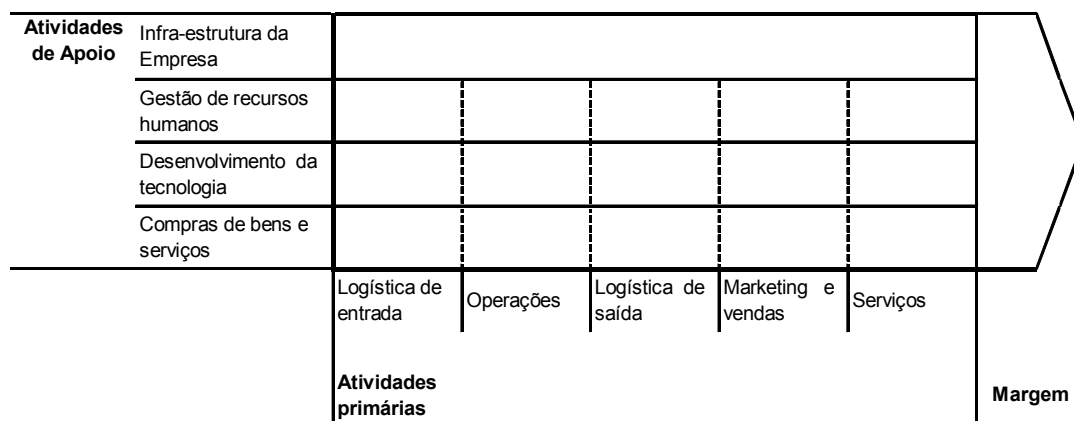



Figura 3.1 – A Cadeia de Valor

Fonte: Porter et al., 1999, p. 85

De acordo com Porter *et al.*(1999), o Sistema de Valor de um setor específico é um amplo fluxo de atividades, que inclui as cadeias de valor dos fornecedores, da empresa, dos canais de distribuição e dos compradores, conforme mostra a Fig. 3.2.

Cada cadeia de valor é um sistema de atividades interdependentes conectadas por elos internos, que coordenam essas atividades. Salienta-se que existem, também, elos externos, que geram interdependências entre as cadeias de valor da empresa com as dos fornecedores e canais de distribuição.

A gestão adequada desses elos poderá garantir uma poderosa fonte de vantagem competitiva, uma vez que os concorrentes tenham dificuldade de percebê-los, e, assim, exercer as opções excludentes ao longo das linhas organizacionais. Por exemplo, uma gestão de atividade industrial (operações), voltada para a garantia de qualidade, seria capaz de reduzir os custos dos serviços pós-venda.

> "A vantagem competitiva no custo ou na diferenciação é função da cadeia de valores da empresa. A posição de custo reflete o custo coletivo do desempenho de todas as atividades de valor em comparação com o dos rivais. Cada atividade de valor apresenta vetores, que determinam as fontes potenciais da vantagem de custo. Do mesmo modo a capacidade da empresa em se diferenciar reflete a contribuição de cada atividade de valor para a satisfação das necessidades dos compradores." (Porter et al.,1999, p. 86)

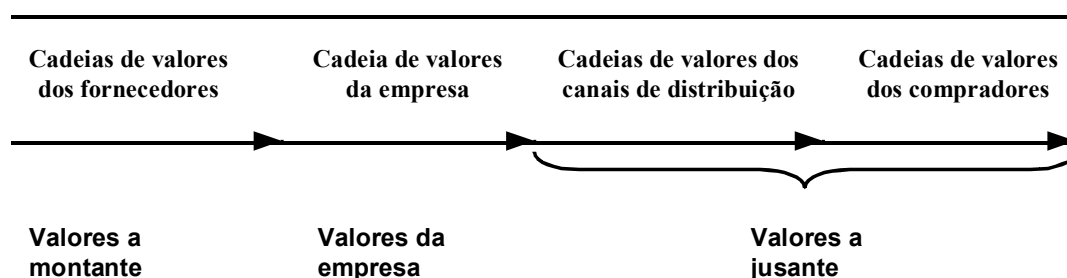



Figura 3.2 – O Sistema de Valor

Fonte: Adaptação Porter et al., 1999, p. 86.

Porter (1999) alerta que a tecnologia da informação está transformando o modo de operação e a cadeia de valor da empresa e, consequentemente, a competição de três maneiras:

- altera as regras da competição, mudando a estrutura setorial;
- proporciona novos modos de superar o desempenho dos rivais;
- dissemina, mesmo a partir das atuais operações da empresa, negócios inteiramente novos.

Ohmae (1998A) reforça a preocupação de que as empresas devam rever constantemente o seu formato e a sua cadeia de valor, os quais estariam sendo desafiados quase todos os dias, e dá, como uma das causas principais dessa necessidade, a tecnologia da informação, a mudança e até o desaparecimento de algumas funções tradicionais, conforme mostra a Fig. 3.3.

Nesse novo contexto, os chefes não terão todas as respostas, pois as pessoas terão oportunidade de contribuir independentemente da sua função. Isso modificará também o papel dos estrategistas, que, ao invés de juntar todas as informações, fazer as análises, para, então, dizer como a empresa deve agir, tornar-se-ão os catalizadores desse processo participativo.

> "Outro grande desafio será equilibrar as funções, porque os negócios horizontais estão sempre em desequilíbrio. Por exemplo, se você tem uma área de produção muito potente, talvez não tenha uma força de vendas da mesma intensidade e, nesse caso, estará perdendo oportunidades de vendas. E vice-versa. As cadeias de valor horizontais têm de ser constantemente avaliadas, para ver se os elementos externos podem ajudar a maximizar a contribuição para custos de vendas, marketing, posicionamento de marca, rede de assistência técnica, pesquisa e desenvolvimento e produção. O papel do estrategista será justamente maximizar a contribuição para esses custos fixos e, a longo prazo, fazer com que ele se torne um custo variável". (Ohmae, 1998A, p. 24)

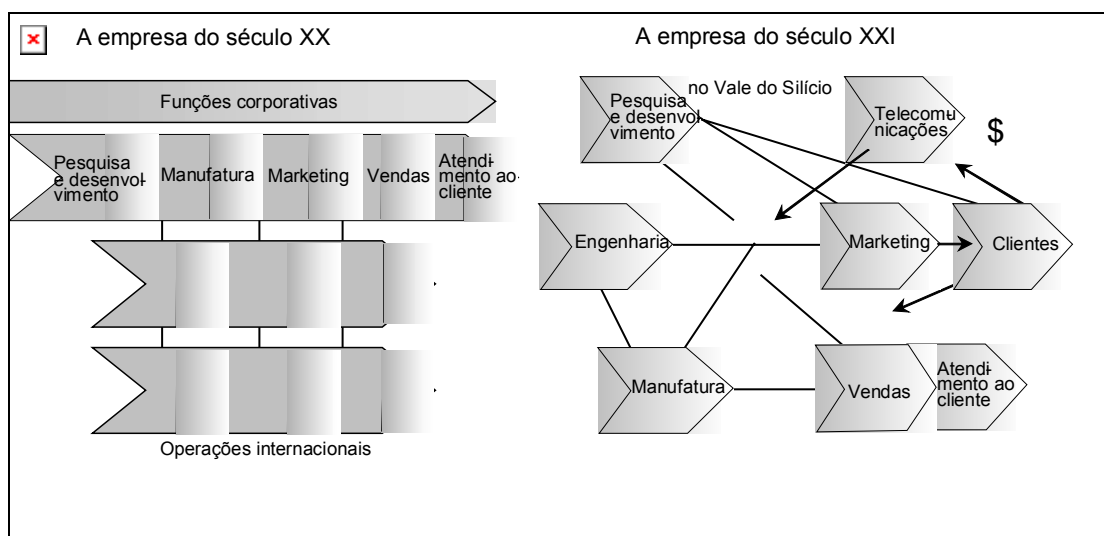



Figura 3.3 – A Cadeia de Valor da empresa do século XXI

Fonte: Adaptação Ohmae, 1998A, p. 26.

Feita esta introdução sobre cadeia e sistema de valores e a sua importância na busca da competitividade, passa-se à análise de como os conceitos de Produção Enxuta se propagam pelas principais cadeias de todo o Sistema de Valores da Empresa.

3.2.1 Rede de Fornecedores

Como foi visto anteriormente, após a introdução das idéias de Sloan no gerenciamento de produção em massa, esta tomou a sua forma final amadurecida. Womack *et al.* (1992) ressalta, porém, que, apesar disso, a eficiente coordenação logística de abastecimento de matéria-prima e componentes nunca foi garantida devido à complexidade de tal tarefa e às próprias premissas daquele sistema de produção - que visaram uma grande integração numa estrutura de comando imensa e burocrática, que dava as diretrizes de cima para baixo.

A preocupação dos gerentes da época era produzir internamente ou comprar, ou seja, os desenhos eram passados para fornecedores internos e externos, “para que fizessem suas ofertas de preço para determinado número de peças de determinada qualidade (expressas, em geral, em máximo de peças defeituosas por milhar) e cumprissem a entrega em determinado prazo”.

Nesta situação, o menor preço acabava sendo o fator ganhador de pedido; as relações comerciais eram tipicamente a curto prazo, na filosofia do “cada um por si”, não havendo qualquer possibilidade do estabelecimento de parceria e colaborações, no sentido do aprimoramento do projeto ou dos próprios componentes. Como os fornecedores praticavam o mesmo sistema de produção, tinham a mesma inflexibilidade nas suas instalações, isso podia ser sentido no dia-a-dia, através da inconstância dos fluxos de peças no sistema de suprimentos.

Em contrapartida, no Sistema Toyota de Produção “a questão real era como montadores e fornecedores poderiam colaborar entre si para reduzir custos e melhorar a qualidade, qualquer que fosse o relacionamento legal e formal entre eles”. Para isso os fornecedores foram organizados em níveis funcionais:

- **fornecedores de primeiro nível** – possuíam perícia na engenharia de produtos e participavam integralmente desde a fase de desenvolvimento do produto, garantindo, desta forma, a harmonia funcional da sua parte no todo. Ficando ao seu encargo as especificações de materiais e concepção de funcionabilidade que atendessem às premissas de projeto da Toyota. Como cada fornecedor de primeiro nível especializava-se em um tipo de componente, “compartilhar informações era cômodo e mutuamente benéfico”;

- **fornecedores de segundo nível** – eram desenvolvidos pelos fornecedores de primeiro nível e a eles ficaram vinculados; sua forte experiência em engenharia de processos fabris garantia o aprimoramento dos componentes. Não havia competição entre os fornecedores de mesmo nível, pois cada um se especializava em um tipo de componente, estabelecendo-se assim um clima propício para as associações, que visavam os avanços nas técnicas de fabricação.

Resumindo, a Toyota não queria a burocrática integração vertical, nem a desintegração de empresas totalmente independentes, criando assim uma situação intermediária, da seguinte forma:

- estabelecendo interesses acionários entre os fornecedores, onde ela própria possuía parte do controle;
- atuando como banco, financiando a aquisição de maquinário;
- compartilhando recursos humanos com os fornecedores de primeiro nível; tanto operários, nos súbitos picos de trabalho, como com gerentes-sêniors, para ocuparem posições estratégicas nas firmas fornecedoras.

3.2.2 Desenvolvimento de Produtos e Engenharia

Apesar de os produtores em massa terem dedicado anos na busca e elaboração de mecanismos de coordenação eficientes que resolvessem os problemas naturais advindos da complexidade do processo de elaboração de um novo produto, chegaram na década de 80, no máximo, nas conhecidas equipes de desenvolvimento de produtos, que tinham as seguintes características:

- lideres de equipe (coordenadores), com muito pouco poder;
- membros de equipe continuavam subordinados ao executivo da sua especialidade técnica de origem;
- não havia a necessária interação dos engenheiros de processo e industriais – por atuarem em outra área, persistindo assim, problemas que teriam de ser resolvidos nas fases seguintes.

> "Ohno e Toyoda, ao contrário, de início decidiram que a engenharia de produtos deveria englobar, como partes inerentes, tanto a engenharia industrial como a de processos. Assim, formaram equipe com lideranças fortes, englobando toda a perícia necessária. Planos de carreira foram estruturados de modo a recompensar os que participassem ativamente das equipes, e não os que se destacassem numa área isolada de engenharia de produtos, processos ou industrial, sem se importarem com o seu papel dentro da equipe". (Womack et al., 1992, p. 54)

3.2.3 Relacionamento com o Consumidor

A lógica da produção em massa sempre foi, desde os tempos de Ford, a utilização de grandes estoques de produto acabado – estoques estes mantidos, preferencialmente, na rede revendedora – como o "amortecedor" da demanda dos clientes, protegendo a fábrica da necessidade de aumentar ou reduzir os volumes de produção, de acordo com as variações dessa demanda.

Os revendedores, por sua vez, para "desovarem" os grandes estoques faziam promoções, ou, no caso de grande procura, aumentavam os preços. Estabelecendo, assim, uma relação de desconfiança com seus clientes. Assim, a longo prazo, todos acabavam perdendo, pois a política era: "todos sonegam informações: o revendedor sobre o produto e o consumidor sobre suas verdadeiras intenções".

De acordo com Womack *et al*. (1992), a Toyota fez com que o revendedor fizesse parte do sistema de produção, convertendo-o no primeiro passo do *kanban* (sistema de puxar a produção que será abordado na seção 3.4.4.1), desta forma tornando-se o elo entre o sistema de produção e o consumidor, pois enviava previamente os pedidos de produtos vendidos, que deveriam ser entregues a determinados clientes dentro de um prazo pré-estabelecido.

Essa forma de comercializar, na qual a idéia básica era desenvolver uma relação a longo prazo entre montadora, revendedora e comprador, foi chamada de "vendas agressivas" e foi baseada na integração do revendedor à fábrica e do comprador no processo de desenvolvimento do produto.

Para garantir a entrada dos pedidos, a equipe de vendas da Toyota se concentrava nos compradores habituais, os quais eram tratados como integrantes da "família Toyota", resultando daí a fidelidade à marca – uma característica do seu sistema de Produção Enxuta.

Se houvesse queda de demanda, havia um aumento da carga horária da equipe de vendas para um "ataque" aos lares que sabiam "propensos" a desejar o tipo de carro passível de ser construído. Isso era possível graças a um completo banco de dados sobre as famílias japonesas e suas preferências de compras.

3.3 Princípios da Produção Enxuta

O que seria o "trabalho inútil" dos japoneses percebido por Ohno, ao buscar as razões da intrigante diferença de produtividade de seus operários com relação aos trabalhadores americanos, logo após a Segunda Grande Guerra?

No próprio relato de Ohno (1997), alguma perda dos recursos disponíveis devia estar ocorrendo, ou seja, para reverter a situação e atingir a meta imposta por Kiichiro Toyoda – equiparação aos Estados Unidos - a identificação e eliminação destas perdas passava a ser vital. Mas o que seriam exatamente estas perdas? O entendimento deste conceito faz-se importante para a compreensão do princípio primordial da Produção Enxuta. Segundo as próprias definições de Ohno (1997):

- perda se refere a todos os elementos da produção, que só aumentam os custos sem agregar valor;
- elas podem ser classificados como primárias, como excesso de pessoas, de estoques e de equipamento; e secundárias, que surgem como conseqüência dos anteriores. Por exemplo, como historicamente existe um conceito gerencial distorcido de que a mão-de-obra não pode parar, o excesso de operários acaba provocando o trabalho desnecessário, que por sua vez, aumenta o consumo de energia e de materiais, o que cria uma espécie de círculo vicioso das perdas;
- as perdas se "escondem" por toda a parte na produção, e por isso aquele que pretende gerenciar essa área deve compreender quais são essas perdas e, principalmente, as suas causas;
- as perdas primárias e secundárias acabam contribuindo para o aumento dos custos diretos e indiretos de mão-de-obra, depreciação e dos gastos gerais com administração;
- o ataque as perdas primárias possibilita a diminuição gradual das perdas secundárias;
- as perdas colocam em risco a própria empresa, por consumir uma parcela do seu lucro.

Black (1998), ao descrever o que ele chama de SPMI (Sistemas Produtivos de Manufatura Integrada), classifica a eliminação das perdas como o "motor do SPMI" e

conceitua perdas como qualquer coisa que não agrega valor ao produto, sendo perda todo o equipamento, material, componentes e mão-de-obra (horas produtivas), que não sejam "absolutamente essenciais para produzir".

Monden (1998) diz que pode-se encontrar quatro grandes grupos de perdas na produção – excesso de recursos de produção, superprodução, excesso de inventário e investimentos desnecessários de capital – e eles estariam relacionados da seguinte forma:

- o excesso de recursos de produção como mão-de-obra e equipamentos cria a superprodução (desperdício secundário);
- a superprodução causa o excesso de estoque;
- e, finalmente, o excesso de inventário provoca desembolsos de capital para armazenar, transportar, manter, controlar e gerenciar todo o estoque gerado pelo excesso de recursos de produção.

Deve-se, portanto, inicialmente, eliminar o excesso de mão-de-obra, pois é este desperdício que inicia todo o ciclo, causando a superprodução – a pior de todas as perdas, segundo a Toyota.

Para Ghinato (2000), no STP, é feita uma análise detalhada das operações, focando na identificação das parcelas de trabalho que não adicionam valor ao longo da seqüência de processos que compõem a cadeia de valor, para a localização e posterior eliminação dessas perdas, tendo sempre como objetivo a redução de custos.

Para Shingo (1996), o mecanismo da função produção é uma rede funcional de processos e operações, onde os processos transformam matéria-prima em produtos, e operações são as ações que executam essas transformações. A relação "perpendicular" entre processos (eixo y) e operações (eixo x) pode ser vista na Fig. 3.4. "Para maximizar a eficiência da produção, analise profundamente e melhore o processo antes de tentar melhorar as operações".

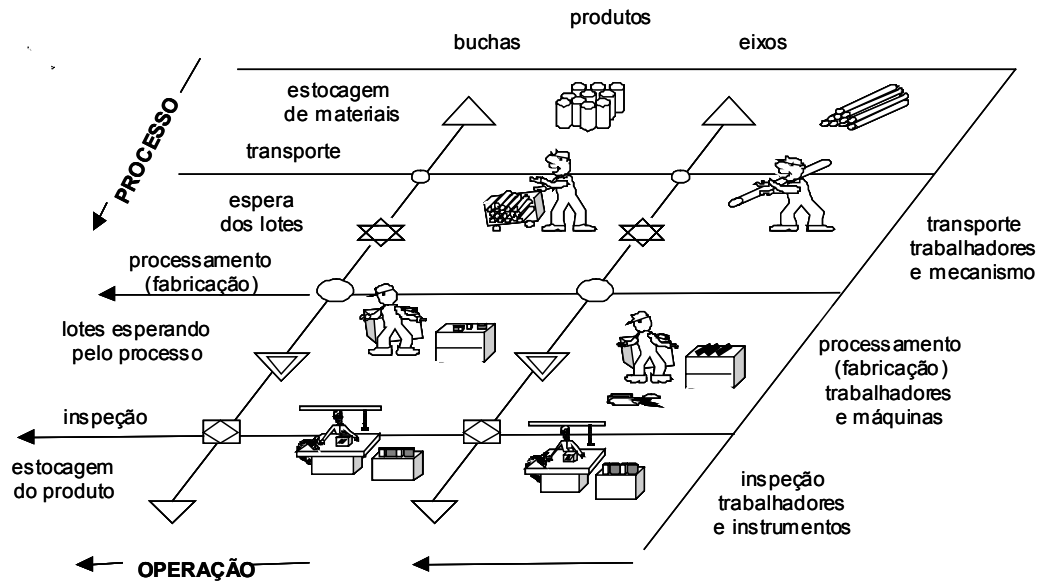



Figura 3.4 – A estrutura da produção

Fonte: Shingo, 1996, p. 38.

Ghinato (1996) resume de forma racional e ordenada que "toda produção é definida como um mecanismo da função produção". Para Shingo (1981), os quatro elementos do processo são os seguintes:

- p**rocessamento** - mudança na forma física do material ou nas suas propriedades e qualidade;
- **inspeção** - comparação com um padrão;
- **transporte** - mudança de posição dos materiais ou produtos;
- **espera** - que pode ser do processo, relativa ao período de tempo que um lote inteiro permanece esperando o processamento, inspeção ou transporte do lote precedente; ou do lote, que refere-se ao período de tempo que uma peça permanece esperando o processamento, inspeção ou transporte da peça precedente do mesmo lote.

Segundo Ohno (1997), ao inspecionar-se com atenção qualquer área de produção, pode-se ver perda e margem para melhorias, mas para isso só a observação não é suficiente. Deve-se entender o papel e a função de cada área, para poder, então, dividir o movimento dos trabalhadores em:

- **perda** – movimentos de mão-de-obra desnecessários e repetidos que não agregam valor ao produto. Por exemplo: esperar ou empilhar materiais submontados;

- **trabalho sem valor agregado** – são aquelas tarefas necessárias sob as condições atuais de trabalho, que só deixarão de existir se essas condições forem alteradas. Por exemplo, abrir caixas de matéria-prima, acionar comandos, deslocamentos para pegar as peças;

- **trabalho com valor agregado** – é o processamento das peças e materiais, que adiciona valor ao produto. Por exemplo, usinagem, tratamento térmico e pintura.

Quanto maior for a proporção do trabalho com valor agregado em relação aos outros componentes do movimento dos trabalhadores, maior será a eficiência do trabalho.

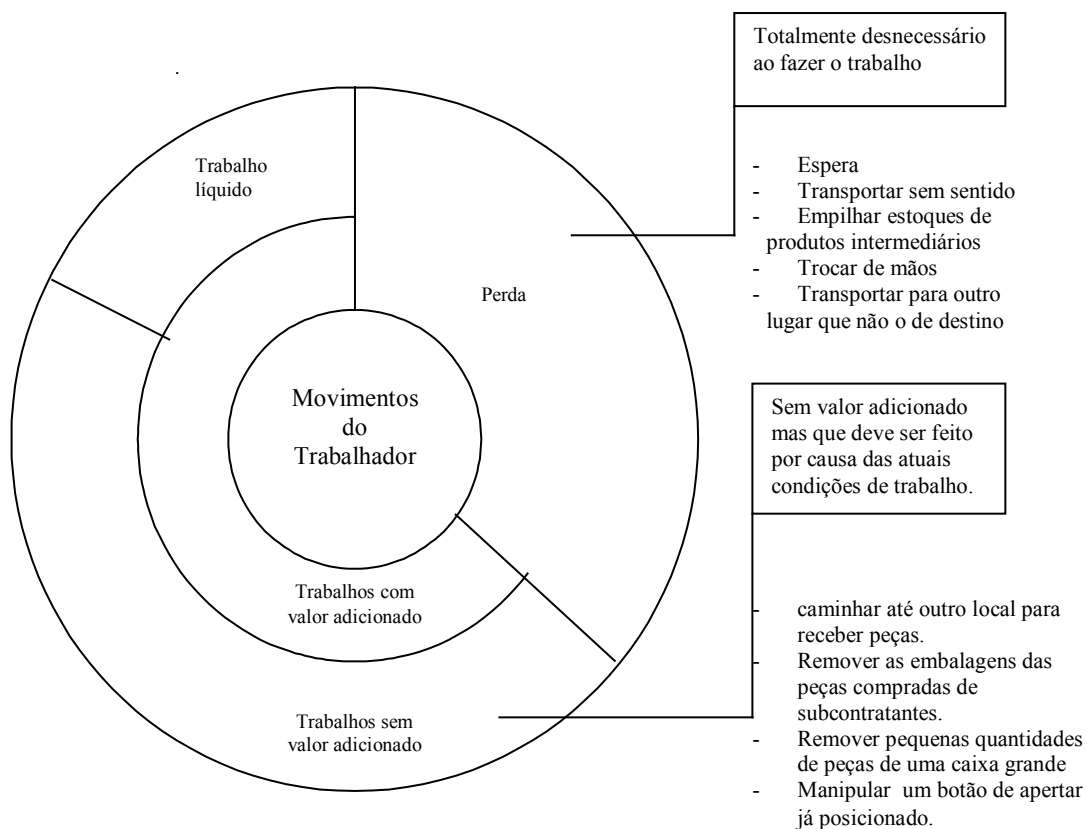



Figura 3.5 – Compreendendo a função manufatura

Fonte: Ohno, 1997, p. 74.

Feitas estas conceituações, pode-se passar ao enunciado do princípio fundamental do Sistema Toyota de Produção, também conhecido como "princípio do não custo".

Na lógica tradicional capitalista, para a composição do preço de qualquer produto, pegava-se o custo para obtê-lo – não importando quão ineficientes e repletos de perdas tivessem sido os seus processos de obtenção – e adicionava-se uma margem de lucro – parcela fundamental para a subsistência da empresa – repassando para o cliente os custos de ineficiência.

Restava a equação Custo + Lucro = Preço, que foi aceita pelo mercado por muito tempo, até o consumidor perceber a sua importância e começar a ficar mais exigente e tirar proveito do acirramento da concorrência. Em outras palavras, até o mercado passar a ditar o preço dos produtos, o que é, em essência, a lógica da livre concorrência. Então a equação tradicional teve de ser substituída por Preço - Custo = Lucro.

Embora existam, como foi visto no capítulo 2, estratégias competitivas muito específicas de curto prazo, como a do Enfoque, que explora nichos usando principalmente a alta tecnologia como arma – onde o produtor pode manter o seu lucro, aumentando o preço -, para a grande maioria das empresas que pensam outras estratégias a médio e longo prazo, fica evidente que a parcela que deve ser reduzida é a do custo, através da eliminação das perdas – que o cliente não quer mais pagar – aumentando, assim, a competitividade da empresa.

3.4 Elementos Principais

Segundo a interpretação de Monden (1998), além do aumento da produtividade, existiriam mais três objetivos secundários, que devem ser alcançados, na busca do objetivo principal do STP, que é a redução de custos. São eles:

- **controle de quantidade** - possibilita a todo o sistema adaptação às flutuações da demanda, seja do ponto de vista do volume de produção ou do *mix* de produtos;
- **garantia de qualidade -** assegura que cada processo só envie materiais ou componentes isentos de defeitos ao processo subsequente;
- **respeito pelo Ser Humano -** deve ser cultivado ao longo de todo o sistema de produção, na busca de seus objetivos de redução de custos.

Existe, portanto, uma relação de interdependência entre estes quatro objetivos secundários e a meta principal do STP, sendo que nenhum deles pode ser atingido independentemente, pois os quatro formam os propósitos finais de todo o Sistema Toyota de Produção. A Fig. 3.6. mostra os principais elementos do sistema, e de uma maneira global, como custos, quantidade, qualidade e o respeito pelo ser humano seriam melhorados.

Figura 3.6 – Estrutura do Sistema Toyota de Produção

Fonte: Monden, 1998, p. 4.

Ghinato (1996) propõe algumas alterações na estrutura do STP construída por Monden, por entender que as relações da Autonomação (*jidoka*) dentro do sistema devem ser ampliadas a uma condição de verdadeiro pilar de sustentação do STP, alinhando-se, assim, com os conceitos de Ohno. Ele considera como base essencial de todo o sistema o "controle da qualidade zero defeitos" (CQZD) e o Controle da Qualidade Total (TQC), sintonizando-se com a interpretação de Shingo.

Ampliando o modelo proposto por Monden, Ghinato (1996) ainda introduz a "estratégia de marketing" – o conceito de "*nagara*", manutenção produtiva total (MPT), "quebra zero" e os "5 S's" como novos e imprescindíveis elementos para o perfeito entendimento do STP.

Ghinato, por fim, propõe o alargamento das condições sob as quais o STP seria efetivo na busca de lucratividade, ou seja, o sistema teria capacidade de proporcionar o lucro não só em mercados sob crescimento lento, mas também naqueles em expansão, em produtos variados e diferenciados, como pode ser visto na Fig. 3.7.

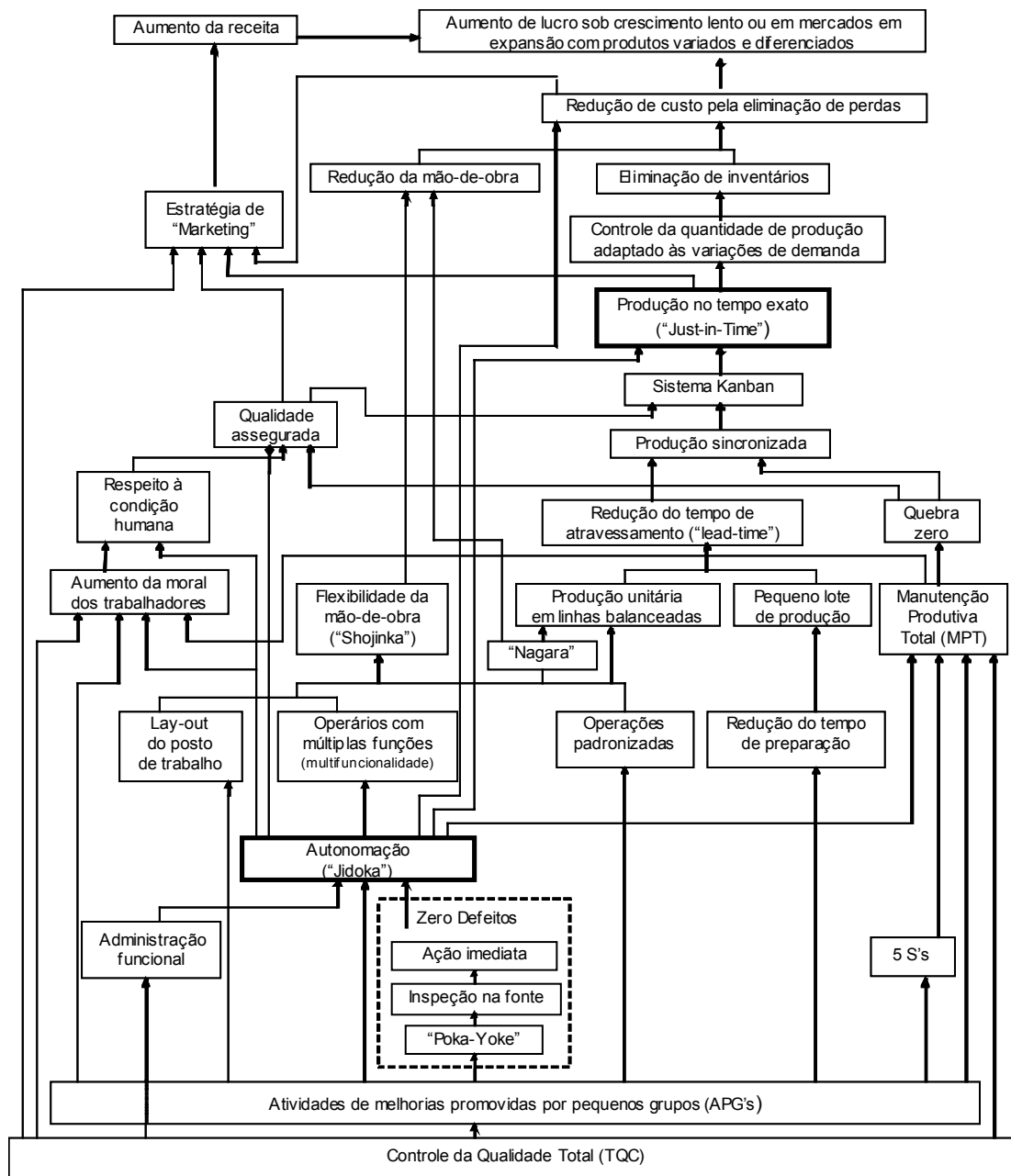



Figura 3.7 – Estrutura do Sistema Toyota de Produção, proposta por Ghinato

Fonte: Ghinato, 1996, p. 132.

3.4.1 Não Custo e a Recuperação das Perdas

> "MUDA é uma palavra japonesa que você não pode deixar de conhecer. Soa estranho, pois muda significa "desperdício", especificamente, qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor: erros que exigem retificação, produção de itens que ninguém deseja, e acúmulo de mercadorias nos estoques, etapas de processamento que, na verdade, não são necessárias, movimentação de funcionários e transporte de mercadorias de um lugar para outro sem propósito, grupos de pessoas em uma atividade posterior, que ficam esperando porque uma atividade anterior não foi realizada dentro do prazo, e bens e serviços que não atendem às necessidades do cliente." (Womack *et al.*1998, p. 3)

Ohno (1997) classifica as perdas (MUDA) em sete grandes grupos; pois no seu entender para reconhece-las, precisamos entender a sua natureza.

- **Perda por superprodução** - é, conforme já foi visto, a pior de todas para a Toyota, pois gera o excesso de estoque, que acaba encobrindo e dificultando o ataque as demais perdas. Shingo (1996) aprofunda esta análise e divide a perda por superprodução em:
  - Quantitativa - considerada inaceitável, pois significa produzir além do programado e do necessário (no STP é considerada, completamente, erradicada);
  - Antecipada - a mais perseguida no STP, significa fazer o produto ou componentes antes do momento em que eles sejam necessários.
- **Perda por espera** - Shingo (1996) divide esta perda em espera do lote – tempo que as peças esperam o processamento, transporte ou inspeção das demais peças que compõe o mesmo lote – e perda por espera do processo - tempo que o lote inteiro permanece esperando o lote precedente ser processado, inspecionado ou transportado. Ghinato (2000) entende que essa divisão proposta por Shingo seria adequada sob a ótica da função processo, no entanto amplia essa análise, sob a ótica da função operação, onde identifica um terceiro tipo de perda por espera- a do operador- a qual ocorreria devido ao desbalanceamento de operações, forçando o operador a permanecer junto à máquina no início ou fim do processamento.
- **Perda por transporte** - para Shingo (1996), "Os procedimentos de transporte nunca aumentam o valor agregado", e como sabe-se que os tempos usados para a movimentação de um determinado item, ao longo dos processos industriais, podem

chegar facilmente a quase metade do seu tempo total de fabricação, pode-se dizer que todo e qualquer transporte é, em essência, só uma enorme perda, e, portanto, deve-se ter como meta (embora bastante distante) a sua completa eliminação. A análise deve começar pelas melhorias possíveis no processo de transporte, melhorando *layout*, por exemplo, e só depois deve-se pensar nas mudanças das operações, como a utilização de transportadores de esteiras ou aéreos e talhas.

- **Perda no processamento** - para Shingo (1996), as parcelas que podem ser suprimidas, sem que as funções ou características desejadas do produto ou serviço sejam perdidas (por exemplo: redução da velocidade do maquinário por problemas de manutenção ou capabilidade) são classificadas como perdas no processamento e podem ser atacadas de duas maneiras. Através da Engenharia de valor, melhorando a concepção de projeto do produto ou usando as abordagens de engenharia de produção ou tecnologia de fabricação para melhorar os métodos de fabricação.

- **Perda por estoque** - conforme Ghinato (1996), da análise do *lead time* (tempo que um determinado item leva para ser transformado de matéria-prima em produto acabado, em um processo de fabricação), verifica-se que os tempos de estocagem oscilam, em média, entre 60% e 80% do tempo total de atravessamento, ou seja, aquilo que até recentemente era considerado um "mal necessário", por encobrir problemas de sincronia entre os processos, na Toyota é uma grande fonte de recuperação de custos, por isso o STP identifica os problemas do sistema a medida que eles vão ficando visíveis, a partir da redução gradativa dos estoques.

- **Perda por movimentação** - ao realizar uma determinada tarefa, o trabalhador efetua uma série de movimentos decorrentes do automatismo e *lay out* das máquinas, do método e do tipo e posicionamento do ferramental e aparelhagem, etc. Entende-se como perdas todos os movimentos desnecessários para executar as operações. Para a eliminação das mesmas deve-se, em primeiro lugar, melhorar a movimentação do operário, mudando a rotina das operações, e, só depois, pensar em mecanização e automatização.

- **Perda por fabricação de produtos defeituosos** - segundo Ghinato (2000), este tipo de perda ocorre pela geração de produtos que não satisfaçam a requisitos de uso, por apresentarem características de qualidade fora de um padrão pré estabelecido. Na Toyota, conforme será mostrado na seção 4.2, essas perdas são

atacadas através da aplicação sistemática de métodos de controle na fonte, junto à causa raiz do defeito.

O Instituto Japonês de Manutenção de Fábrica (JIPM), por ocasião do II Curso Internacional para Formação de Instrutores TPM – ocorrido em maio de 1995 em São Paulo – apresenta, no manual dos participantes, a sua interpretação para as perdas ocorridas durante as atividades da produção, bem como os principais tipos de perdas e a sua incidência sobre os recursos produtivos. Com o intuito de traçar um paralelo dessa nova abordagem com os conceitos de perdas oriundos da ótica mais clássica de Ohno, Shingo, Monden e Ghinato, passar-se-á a apresentar a visão das perdas segundo o JIPM (1995).

As perdas são obstáculos que impedem a plena eficiência da produção industrial e podem ser divididas em:

- **perdas esporádicas** - são facilmente detectáveis, geralmente é bem clara a relação causa/ efeito e a sua solução normalmente é encaminhada através de providências corretivas, tais como restauração do maquinário às suas condições originais;
- **perdas crônicas** - a sua eliminação apresenta-se mais difícil, exigindo, portanto, soluções inovadoras, uma vez que a relação causa/ efeito costuma ser obscura, tendo suas causas origens diversificadas e de difícil detecção.

Segundo o JIPM (1995), para que se consiga obter uma alta eficiência produtiva nas atividades industriais, é preciso eliminar as “16 perdas principais”, as quais insidem em equipamentos, mão-de-obra, materiais, aparelhagens (moldes, gabaritos e ferramentas) e energia. As perdas principais em equipamentos, cuja eliminação permitirá o rendimento operacional máximo dos mesmos, através de utilização plena de suas respectivas funções e capacidades, são as seguintes:

- **perdas por falhas em equipamentos** – consideradas as piores perdas do maquinário e instalações, podendo ser do tipo inesperado, paralisando a função da máquina, ou apenas reduzindo a sua função, devido a um processo de deterioração gradativa;
- **perdas por *set-up* e ajustes** – inatividade dos equipamentos durante a preparação da “produção subseqüente”, onde o procedimento de “ajuste” constitui o fator mais significativo;

- **perdas por troca de lâmina de corte** – causadas pela paralisação da linha para reposição ou afiação do ferramental como esmeris, fresas, serras, brocas e facas;

- **perdas por acionamento** – correspondem ao período gasto para estabilização das condições de acionamento, funcionamento e do processo relacionados ao desempenho dos equipamentos.

- **perdas por paradas curtas e pequenos períodos de ociosidade** – podem ser consideradas de "importância secundária" se comparadas com as perdas por falha dos equipamentos, uma vez que fazem com que a máquina fique inativa por pouco tempo – por exemplo, obstrução na calha de alimentação ou falha intermitente em algum sensor – no entanto, o seu efeito cumulativo ao longo dos processos em um dia pode ser bastante significativo;

- **perdas por velocidade** – correspondentes à diferença entre a velocidade de projeto para a operação do equipamento ou instalação e a velocidade real efetiva que ele pode operar para garantir os níveis qualificativos desejados. Esta diferença pode ser causada também por problemas mecânicos;

- **perdas por defeitos e retrabalhos** – são as perdas de materiais, mão-de-obra, maquinário, ocasionadas pelos defeitos nos produtos que poderão provocar o seu descarte e conseqüente necessidade de reposição – ou o seu retrabalho para garantir o seu realinhamento com as especificações;

- **perdas por desligamento (interrupções de funcionamento)** – correspondentes à paralisação das linhas de produção para execução das manutenções ou inspeções periódicas programadas; são consideradas obstrução ao tempo de funcionamento (operação efetiva) dos equipamentos. Não entra no "rol" de obstáculos ao rendimento global dos equipamentos como as 7 primeiras perdas já descritas.

Da mesma maneira que incidem sobre os equipamentos, as perdas também ocorrem sobre a mão-de-obra, e a sua quantidade e freqüência dependem da capacidade dos trabalhadores, dos métodos operacionais, da disposição física dos elementos no local de trabalho, do nível e capacidade das chefias. Estas são divididas em:

- **perdas por controle** – são causadas, geralmente, por problemas administrativos que ocasionam tempo de espera por falta de materiais, ferramentas, instruções e reparos;

- **perdas por movimento** – também têm origem em problemas administrativos durante "o *set-up,* troca de ferramentas, trocas de gabaritos e assim por diante". Também estão incluídas nessa categoria as perdas causadas por deficiência da capacitação da mão-de-obra na execução das operações;
- **perdas por desorganização das linhas** – são decorrentes da desorganização dos materiais, ferramentas, aparelhagens, estoques de produtos nas linhas de produção. São mais críticas em linhas com baixo índice de automação, onde um operário manipula mais de um equipamento ao mesmo tempo;
- **perdas por falhas logísticas** – correspondem ao tempo de mão-de-obra gasto em trabalhos logísticos (transporte de produtos, deslocamentos de matéria-prima, etc...) executados por elementos cujas atribuições não incluem tais funções, além de o tempo adicional de mão-de-obra gasto pelos próprios encarregados dessas funções, em decorrência de falha em equipamentos;
- **perdas por medições e ajustes** – são perdas correspondentes ao tempo usado para as constantes medições e ajustes que são forçosamente executados, no sentido de prevenir as deficiências na qualidade.

E por fim as três perdas principais, que são os obstáculos ao uso eficiente dos materiais, aparelhagens e energia:

- **perdas de energia** – são as perdas de energia (eletricidade, gás e outros combustíveis) oriundas das ineficiências do processamento industrial. Estão incluídas nessa categoria as perdas de energia decorrentes de acionamento – quando o maquinário está rodando em vazio ou antes de entrar em regime;
- **perdas por moldes, ferramentas e gabaritos** – são oriundas das despesas adicionais efetuadas para substituir ou recondicionar moldes, ferramentas e gabaritos devido a desgaste por uso ou quebras. Também estão incluídos nessa categoria os materiais de exercício ou apoio, como óleo de corte, usado na usinagem;
- **perdas por rendimento -** perdas de rendimento correspondentes à diferença de peso das matérias-primas utilizadas na fabricação e o peso dos respectivos produtos acabados com qualidade aprovada. Nesta categoria estão incluídas as perdas relativas a materiais defeituosos, perdas de fio de corte e perdas de peso.

Na Fig. 3.8 pode-se ter uma visão da estrutura de perdas definida pelo JIPM (1995), segundo a abordagem do TPM (*Total Productive Maintenance*, que será melhor detalhada na seção 3.4.3). Como pode-se notar, o TPM foca a sua análise das perdas no equipamento, e daí a expande para todos os recursos que têm interfaces com ele, ao longo do processo, parecendo, desta forma, menos abrangente e direta do que a ótica do STP por não atacar diretamente a superprodução, o que evitaria a geração de estoques – o grande inimigo da eliminação das perdas. No entanto, tal estrutura aborda recursos importantes de forma mais explícita e profunda, como é o caso da energia mal utilizada, bem como detalha mais as perdas do processamento.

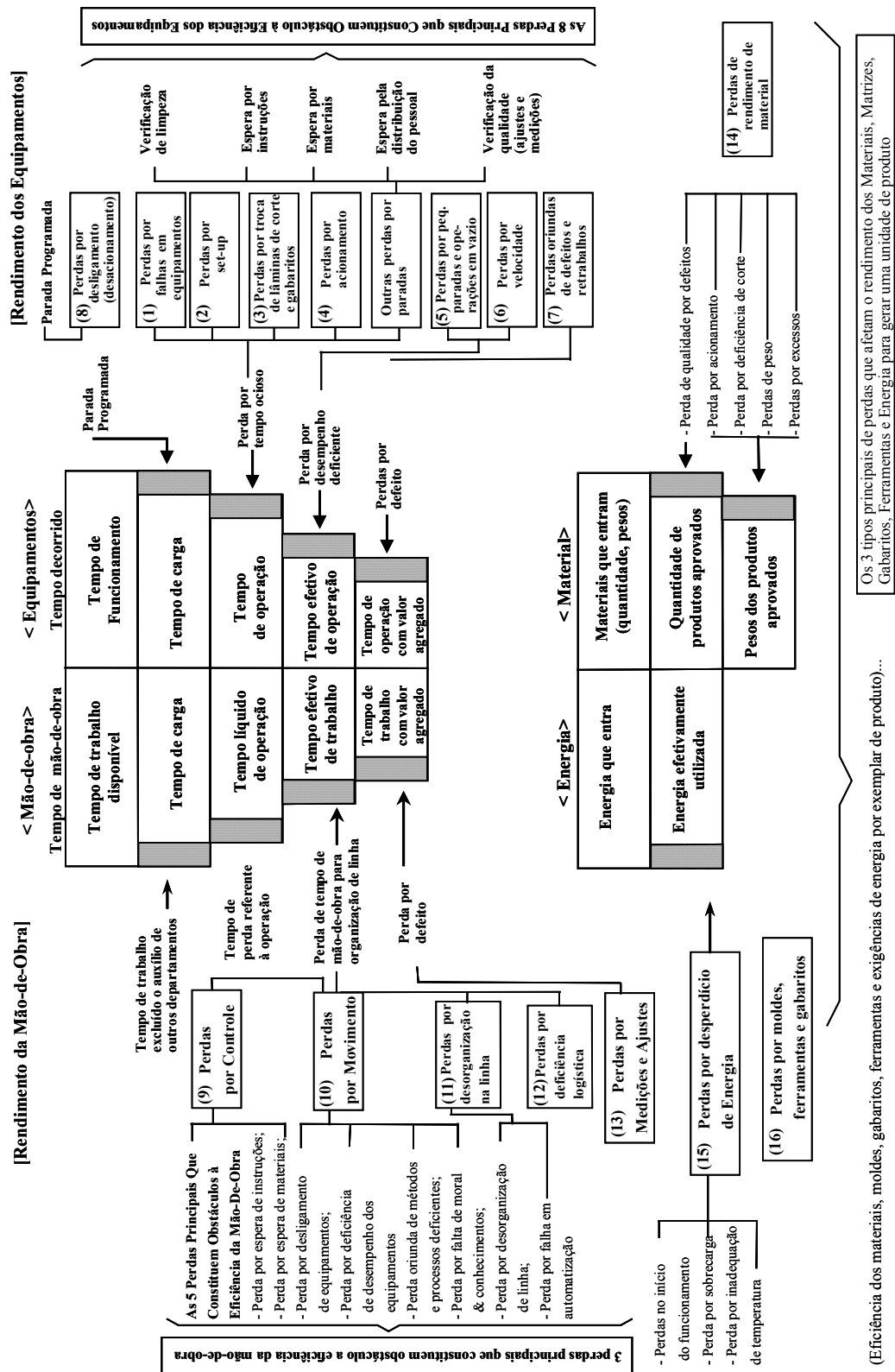



Figura 3.8 – Estrutura das Perdas durante as atividades da produção - Os 16 tipos principais de perdas

Fonte: JIPM, 1995, p. II-3.

3.4.2 TQC e os Grupos de Trabalho

Segundo Slack (1997), ao criar os seus conceitos, Ishikawa acreditava que os Círculos de Controle de Qualidade (CCQ's) eram veículos importantes para o funcionamento de todo o Controle de Qualidade Total (TQC), pois eles desenvolveriam as fundamentais atividades de melhoria, através da participação das pessoas no processo de solução de problemas.

Estas mesmas atividades de melhorias, promovidas por pequenos grupos em sua forma mais evoluída (APG's), são consideradas por Monden (1998) o suporte de todo o Sistema Toyota de Produção. Desta forma, Ghinato (1996) – lembrando que Shingo acredita ser as atividades dos CCQ's, a condição básica para que exista o TQC – propõe que ambos, TQC e APG's, sejam considerados em conjunto como a base do STP. Por essa razão, entende-se necessário revisar rapidamente os conceitos, origens e funções do TQC, CCQ's e APG's.

Para Ohno (1997), o Controle de Qualidade (QC) e Controle de Qualidade Total (TQC) foram "maravilhosas técnicas gerenciais" geradas na América, que os japoneses importaram e colocaram em prática, em ampla escala. De fato, em seu artigo "*Total Quality Control*" de 1956, Feigenbaum definia o TQC da seguinte maneira:

> "Um sistema eficiente para a integração do desenvolvimento de qualidade da manutenção de qualidade e dos esforços de melhoramento de qualidade dos diversos grupos em uma organização, para permitir produção e serviços aos níveis mais econômicos, que levam em conta a satisfação total do consumidor". (Feigenbaum, citado por Ghinato, 1996, p. 76)

Segundo Shingo (1996), já em 1951, o Japão passou a usar os primeiros métodos de controle de qualidade, baseados em amostragens aleatórias. Estes métodos traziam ferramentas como o diagrama de distribuição de freqüência, carta de controle, inspeção por amostragem, métodos de planejamento de experimentos, que acabaram alavancando todo o controle de qualidade japonês, porém não se mostraram suficientes para atingir o zero defeitos.

Para que isso fosse possível, seriam necessários métodos que tivessem a mesma facilidade e eficiência das técnicas de amostragem, e que estivessem incorporados ao processo, proporcionando *feedback* imediato e preciso da fonte dos defeitos. E foi a associação de constatações como essas com as idéias de Feigenbaum, Deming, Juran, Ishikawa, Taguchi e Crosby, que foi moldando todo o movimento para a qualidade total no

Japão.

Tal movimento culminou com o que Ghinato (1996) classifica como uma edição mais ampla do TQC, batizado pelos japoneses de Controle de Qualidade por Toda a Empresa (CWQC), que passou a possibilitar a geração de produtos a baixo custo, o que, além de proporcionar benefícios a clientes, empregadores e acionistas, pode melhorar, também, a qualidade de vida das pessoas. A diferença entre o TQC e CWQC também é notada na operacionalização ao longo da empresa, que no caso do CWQC deve ser exercido por todos os funcionários em todas as áreas, e não só por especialistas de qualidade, como previsto no TQC original.

Então, embora doravante este trabalho venha a usar, indistintamente, a denominação TQC, na verdade, estará sempre referindo-se à versão japonesa (CWQC), na qual a participação dos operários nesse sistema, através dos APGs, é imprescindível.

Com relação à maior abrangência do TQC, Slack (1997) tem uma definição bastante interessante para o que ele chama de TQM (*Total Quality Management*):

> "TQM é uma filosofia, uma forma de pensar e trabalhar, que se preocupa com o atendimento das necessidades e das expectativas dos consumidores. Tenta mover o foco da qualidade de uma atividade puramente operacional, transformado-a em responsabilidade de toda a organização. Através da TQM, a qualidade torna-se uma preocupação de todas as pessoas de uma organização. Dedica-se também à redução dos custos de qualidade, em particular, dos custos de falhas . TQM também se dedica ao processo de melhoria contínua [...] (Slack, 1997, p. 653)

Para Slack (1997) o TQM prevê os seguintes aspectos:

- atendimento das necessidades e expectativas dos consumidores;
- inclusão de todas as partes da organização;
- inclusão de todas as pessoas da organização;
- exame de todos os custos relacionados com qualidade;
- fazer "as coisas certas da primeira vez", por exemplo, enfatizando a construção da qualidade desde o *design* em vez de apenas inspecionar;
- desenvolvimento de sistemas e procedimentos que apóiem qualidade e melhoria;
- desenvolvimento de um processo de melhoria contínua.

A Fig. 3.9 ilustra a evolução do TQM.

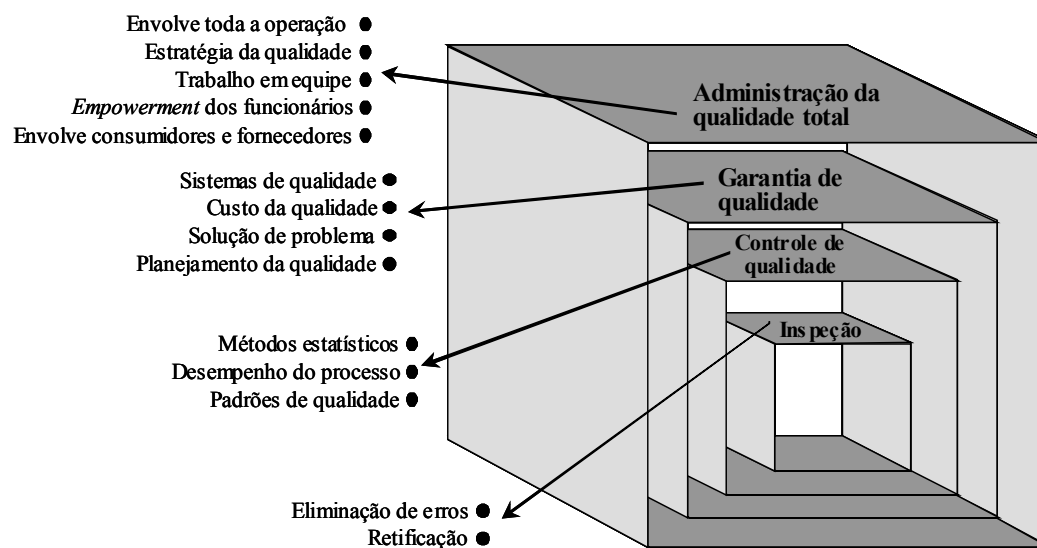



Figura 3.9 – A administração da qualidade total pode ser vista como extensão natural de abordagens mais restritas para a administração da qualidade.

Fonte: Slack, 1997, p. 655.

E foram justamente os CCQ's que, além de ser condição básica para o TQC, serviram como o maior canal para as atividades de melhorias promovidas por pequenos grupos (APG's). Atividades essas que no início tinham como objetivo resolver problemas qualitativos de fabricação e de produto, mas, à medida que o STP foi se desenvolvendo, as APG's evoluíram no sentido de ampliar a sua atuação, passando a atacar os demais desperdícios do processo, dentro do princípio da melhoria contínua (*Kaizen*).

Kaizen é uma palavra japonesa que significa melhoria, e que para o JIPM (1995) significa: atividades de melhoria contínua e crescente, conduzidas em pequenos grupos, através da acurada busca das causas e dos efeitos do problema em análise, utilizando ferramentas como o *brainstorming* e métodos de melhoria até sua completa solução. Uma vez resolvido o problema, esse nível de realização é considerado um novo padrão, a partir do qual o grupo deve buscar novos objetivos.

3.4.3 Total Productive Maintenance - TPM

De acordo com o JIPM (1995), o TPM é um sistema desenvolvido no Japão em 1971 pela Nippon Denso Co. – empresa do grupo Toyota – a partir dos conceitos de Manutenção Produtiva (MP), que tiveram sua origem nos Estados Unidos ainda no início da década de 50. Tais conceitos evoluíram da seguinte forma:

- **manutenção preventiva (1951)** - pode ser definida como um acompanhamento das condições físicas dos equipamentos, visando ampliar a vida útil das instalações industriais através da aplicação de medidas preventivas que evitam falhas;
- **manutenção por melhoria (1957)** - surgida a partir da ampliação dos conceitos da manutenção preventiva, visa eliminar a ocorrência de defeitos através do aperfeiçoamento e da melhoria da confiabilidade e manutentibilidade dos equipamentos;
- **prevenção da manutenção (1960)** - "significa equipamentos e linhas de produção projetados de modo a eliminar a necessidade de manutenção dos mesmos".

Desta forma pode-se dizer que a combinação e aplicação da prevenção da manutenção, manutenção preventiva e manutenção por melhoria, nas atividades de aperfeiçoamento da produtividade dos equipamentos constituem-se na chamada Manutenção Produtiva.

3.4.3.1 Visão Clássica e Evolução do TPM

O TPM ou MPT (Manutenção Produtiva Total) surgiu no início dos anos 70 como um meio de assegurar a disponibilidade integral dos equipamentos – necessidade essa muito importante para viabilizar os sistemas de produção com baixos ou sem nenhum estoque – que além de ter se mostrado bastante eficaz para esse fim, continuou evoluindo no sentido de redução de custos pela eliminação de perdas. Conforme apresentado na Fig. 3.10 por Mirshawka (1994), o "TPM_1" (*Total Productive Maintenance*) evoluiu para "TPM_0" (*Total Productive Management*) ao qual só se chegará quando forem alcançados os níveis TPM_1, TPM_2, TPM_3 e TPM_4, a saber:

- **TPM_1** - na qual a preocupação maior é com a relação entre a manutenção e a operação, buscando a melhoria da disponibilidade do equipamento, a sua confiabilidade, as oportunidades para as melhorias no tocante à redução de custos etc.

- **TPM_2** - *Total Productive Manufacturing* (Fabricação Produtiva Total) onde se cria uma grande parceria entre todos os empregados que tem uma parte funcional na produção de um bem.

- **TPM_3** - *Total Process Management* (Gerência de Processo Total) que é a administração das interfaces do processo total da linha de negócio. Naturalmente isso inclui o pessoal da produção, da gerência, da engenharia do suprimento e distribuição, da manutenção etc.

- **TPM_4** - *Total Personnel Motivation* (Motivação Total do Pessoal), que no fundo significa a última palavra em administração, quando se desenvolvem todos os empregados, para que eles tenham conhecimento, aptidões, ferramentas, o desejo e a vontade de influenciar a lucratividade global do processo. Todos os empregados são "gerentes" dos seus próprios serviços e recebem autorização ou têm força suficiente para melhorar quaisquer conexões que façam parte do seu serviço.

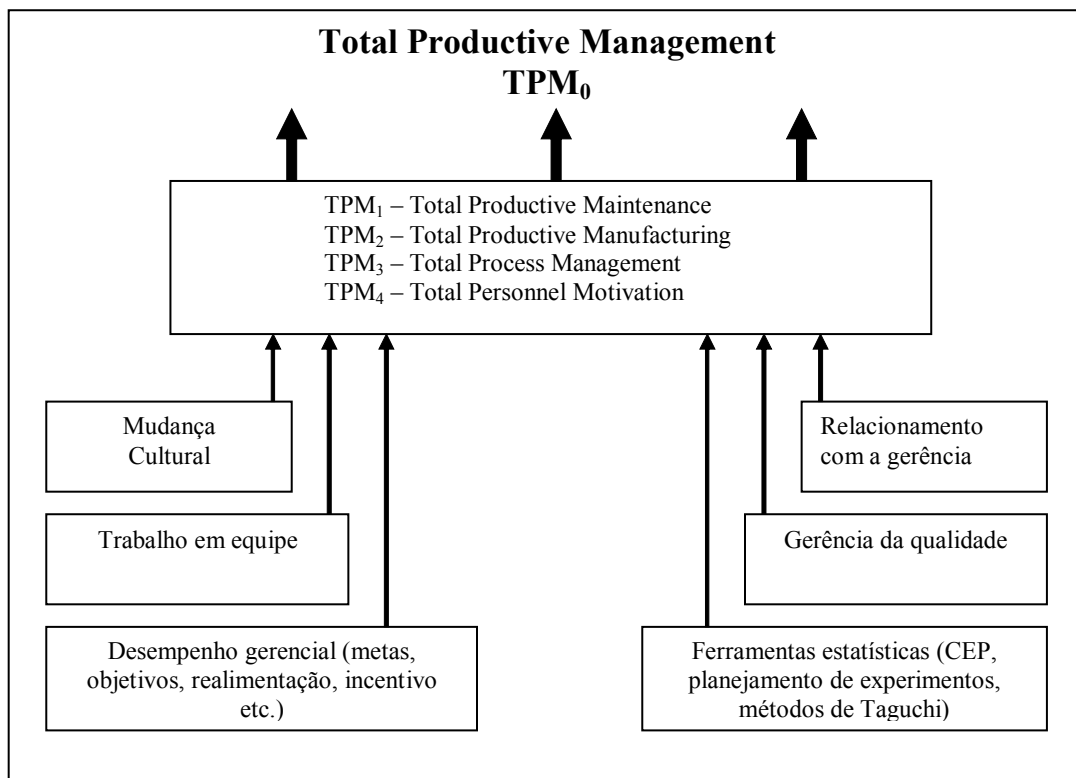



Figura 3.10 – Chegando à Gerência Produtiva Total ou *Total Productive Management*

Fonte: Mirshawka, 1994, p. 36.

O Instituto Japonês de Manutenção de Fábricas – JIPM (1995), entidade responsável pela sua difusão a nível mundial, define TPM, na sua forma evoluída – equivalente ao que Mirshawka (1994) chama de TPM_0 - como: “Processo que tem por finalidade o estabelecimento de uma cultura empresarial destinada à obtenção da maior eficiência possível no sistema de produção industrial como um todo”.

E acrescenta que o TPM tem os seguintes objetivos:

- estabelecimento de uma filosofia de eliminação das perdas, alcançando o objetivo de “redução a zero”, tais como “zero acidentes”, “zero defeitos” e “zero falhas” em todos os ciclos de vida dos equipamentos que compõem o sistema de produção. Essa eliminação das perdas seria conseguida através de uma sistemática tipo “*genba-genbutsu*”, que tem como princípio enfatizar a “observação em primeira mão de um fenômeno ou problema no local em que ele ocorre; e uma vez compreendido profundamente no seu cenário real, parte-se para o ataque metodológico”;
- envolvimento de todos os departamentos da empresa na busca da competitividade;
- envolvimento de todas as pessoas, desde os escalões superiores até os operários, para que se consiga mudar a cultura geral da empresa. Pois o sistema TPM é um tipo de administração participativa que inclui todos os trabalhadores e enfatiza o respeito ao ser humano;
- aperfeiçoamento dos recursos humanos, quer sejam de produção, quer sejam das demais áreas da empresa, como escritório, projetos e vendas;
- aperfeiçoamento dos equipamentos industriais, garantindo assim o melhor uso de todo o ativo empresarial através do pleno aproveitamento das instalações;
- obtenção do nível zero perdas através das atividades de pequenos grupos sobrepostos inseridos num sistema hierárquico, conforme mostra a Fig. 3.11.

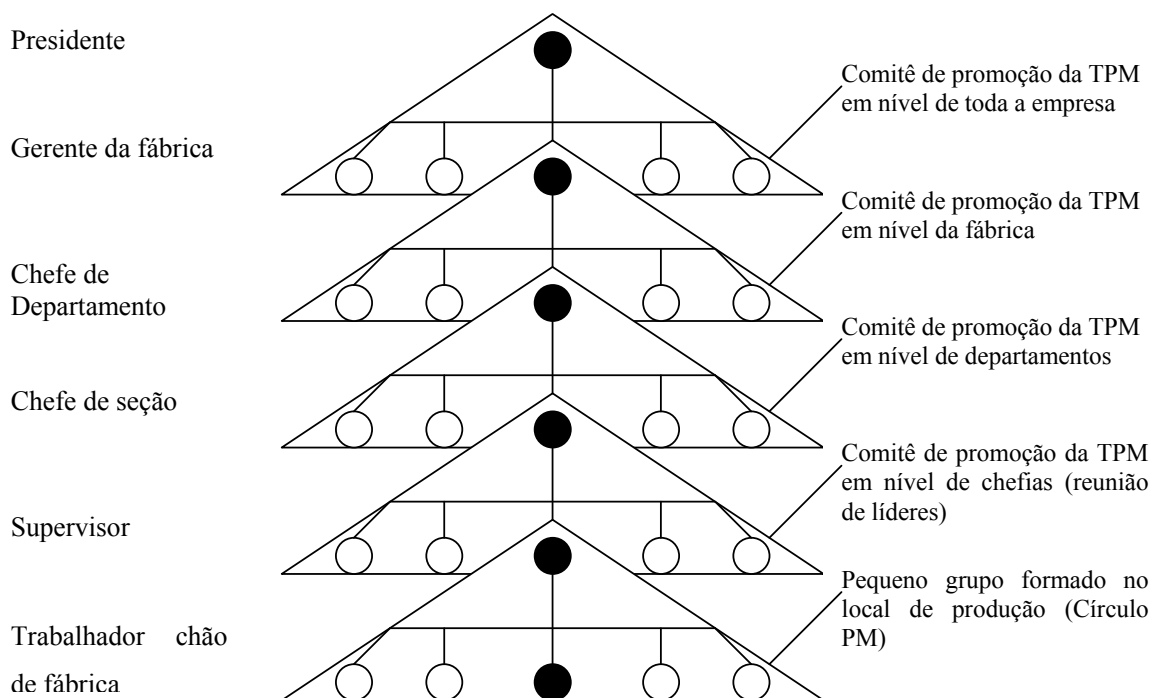



Figura 3.11 – Pequenos grupos sobrepostos inseridos num Sistema Hierárquico

Fonte: JIPM, 1995, p. I-22

Para o IB/TPM (Instituto Brasil/ TPM) (2000), a adoção do TPM, um modelo de gestão que identifica e elimina as perdas e otimiza o uso do ativo empresarial, garantirá o aumento da competitividade da empresa através do fortalecimento dos principais indicadores de eficácia operacional: produtividade (P), qualidade (Q), custo (C), inventário geral (D), segurança (S) e moral (M).

3.4.3.2 TPM e TQC

Para o JIPM (1995), ambos, TQC e TPM têm como meta a transformação dos equipamentos e das pessoas de modo que a “qualidade possa ser embutida nos produtos”. E salienta que, ao passo que o primeiro tem uma “abordagem filosófica”, o TPM tem um enfoque “mais prático”.

Segundo Ribeiro (1999), enquanto a JUSE (*Japanese Union of Scientists and Engineers*), que oferece suporte para o TQC a nível mundial, considera o TPM como uma das ferramentas do "guarda-chuva" TQC, o JIPM considera o TPM como o próprio "guarda-chuva", tanto que o Instituto Japonês de Manutenção de Fábrica resolveu complementar os cinco pilares básicos que tratavam apenas das instalações industriais com outros três pilares que enfocam as áreas não produtivas, sistemas da qualidade e políticas de segurança, saúde e meio ambiente. Ribeiro (1999) salienta ainda as principais características e diferenças entre TQC e TPM, a saber:

- **foco** – embora ambos tenham o homem como elemento comum, o TQC concentra-se no desempenho do processo e o TPM no desempenho do equipamento;

- **produtividade** – o TQC teria uma "visão de fora para dentro", pois usa a visão do cliente para agregar valor ao produto, alcançando assim, a produtividade. O TPM, por sua vez, reduz custos através da eliminação das perdas, caracterizando assim uma "visão de dentro para fora";

- **tipo de gestão –** o TPM iniciou concentrado nas áreas de produção, manutenção e engenharia, mas depois da criação dos três novos pilares citados anteriormente, sua abrangência se aproximou à do TQC, que busca a Qualidade Total através do comprometimento de todas as áreas;

- **método de solução de problemas** – o TQC aborda os problemas encontrados com métodos indutivos – soluções já utilizadas poderão ser reaproveitadas em outros locais com problemas similares. Para o TPM, que tem a característica de buscar explicações físico-mecânicas, usando literaturas técnicas, o método seria o dedutivo;

- **resultados** – o TPM teria resultados de produtividade mais rápidos por ter ações mais práticas quando comparadas as do TQC, que seriam mais filosóficas.

No Quadro 3.1 Ribeiro (1999) procura relacionar o tipo de estratégia a adotar com a situação da indústria, que pode servir como orientação para a decisão das empresas que buscam aumentar a sua competitividade. Nele pode-se notar que muitas vezes uma "solução híbrida" pode ser a mais favorável.

Quadro 3.1 – TPM x TQC

Situação (preocupação) da indústria →	Estratégia adotada			
	TQC como guarda-chuva	TPM como guarda-chuva	Usar ferramentas da Qualidade	TPM como ferramenta
Já existe um processo de Qualidade Total se consolidando	X			X
Há necessidade de aumentar a fatia no mercado por meio de novos produtos	X			X
A tecnologia é obsoleta	X			X
Falta uma visão corporativa	X			
A empresa busca as certificações ISO 9000/14000	X			X
Há necessidade de reduzir custos de produção		X	X	
A freqüência de acidentes é preocupante		X	X	
Necessita aumentar produtividade em curto prazo		X	X	
Os tempos de *set-up* são problemáticos		X	X	
O layout da fábrica é deficiente		X		
Necessita incrementar a multifunção na área produtiva		X	X	
Necessita reduzir custos de estocagem		X		
Há pouco controle visual		X	X	
Necessita reduzir o *lead time*		X	X	
O padrão de 5S na área produtiva é baixo		X	X	

Fonte: Adaptação Ribeiro, 1999, p. 57

3.4.3.3 Pilares e suas Funções

Segundo o JIPM (1995), para o estabelecimento de um sistema com alta eficiência produtiva e o desempenho máximo em termos de homem/ máquina, no qual os desperdícios sejam eliminados, garantindo a segurança e o moral, é necessária a implementação dos oito pilares do TPM, a saber:

- **Melhorias Específicas** – aplicação do "*Kobetsu-Kaizen*" – atividades de pequenos grupos (APG's) para solucionar problemas específicos – no sentido da obtenção da situação de "zero perdas" em relação à ocorrência de defeitos nos equipamentos e nos produtos. O propósito fundamental deste pilar é a eliminação criteriosa das 16 perdas principais, conforme apresentado na seção 3.4.1;

- **Manutenção Autônoma** – estabelecimento do sistema "*Jishu-Hozen*"

> "Jishu-Hozen significa um conjunto de atividades, desempenhadas diariamente por todos os trabalhadores nos equipamentos que operam, compreendendo inspeção, lubrificação, substituição de peças, reparos, resolução de problemas, conferência de precisão e assim por diante, visando a meta de manter os equipamentos operados por eles em boas condições, sem auxílio de mais ninguém." (JIPM, 1995, p. IV-1);

- **Manutenção Planejada** – estabelecimento de um sistema de manutenção planejada para promover a eficiência do Departamento de Manutenção de tal forma a eliminar as perdas dos equipamentos descritas na seção 3.4.1;

- **Educação e Treinamento** – estabelecimento de um sistema de aperfeiçoamento dos recursos humanos que possibilite a reestruturação da cultura empresarial, criando uma "organização que aprende". Montagem de uma matriz de *skills* (habilidades com ligações nas reais necessidades de cada função no curto, médio e longo prazo), e, a partir daí, oferecimento de treinamento adequado a cada nível da organização;

- **Controle Inicial** – estabelecimento de um sistema de controle de fluxo inicial, referente tanto a produtos quanto a equipamentos, visando a redução do período entre o desenvolvimento do produto e o início da produção plena. Este pilar baseia-se na abordagem do LCC (Custo do Ciclo de Vida), o qual busca minimizar. Segundo o *U.S. Federal Budget Bureau* (Agência Orçamentária dos Estados Unidos), LCC são os custos diretos, indiretos, repetidos ou não, e outros custos relacionados durante o período programado efetivo de um sistema. O LCC é o custo total gerado desde o projeto, desenvolvimento, produção, operação, manutenção e apoio. Na expressão mais simples, em nível de equipamento de produção, o LCC seria o custo do projeto e manufatura e instalação do equipamento mais o custo necessário para sua operação e manutenção;

- **Manutenção da Qualidade** – estabelecimento do Sistema "*Hinshitsu-Hozen*". Segundo o JIPM (1995), o conceito de qualidade assegurada é aplicado ao

equipamento e à administração das instalações. A idéia básica é manter a integridade do equipamento intacta, a fim de produzir 100% de não-defeituosos, ou seja, "*Hinshitsu-Hozen*" é destinado a "estabelecer condições de zero defeito, sustentar o controle de tendência, prever a possibilidade de defeitos de qualidade e tomar medidas cabíveis com antecedência";

> "O "Hinshitsu-Hozen" compreende atividades que se destinam a definir as condições do equipamento que excluam defeitos de qualidade, com base no conceito de manutenção do equipamento em perfeitas condições, para que possa ser mantida a perfeita qualidade nos produtos processados. As condições são verificadas e medidas regularmente para que se constate se os valores medidos se encontram dentro dos valores-padrão para prevenir defeitos. A alteração de valores medidos é observada para prever possibilidades de ocorrência e para que se possam tomar medidas de combate antecipadamente." (JIPM, 1995, p. VIII- 3).

- **Office TPM –** estabelecimento de um sistema para obtenção de "resultados eficientes" pela aplicação do TPM nos escritórios. Para o JIPM (1995), o TPM para o escritório é muito importante, pois os departamentos administrativos devem processar informações a partir de uma perspectiva diferenciada, em campos funcionais do sistema de produção e fornecer orientações necessárias e apoio às atividades de produção de forma a reduzir custos e reforçar o poder de competitividade. A produtividade individual deve ser aumentada, e o custo deve ser reduzido a fim de contribuir para a evolução estratégica exigidas pelas mudanças nas esferas social e econômica. As atividades administrativas devem contribuir, de forma a corresponder à confiança do cliente e aprimorar a imagem da empresa com base nessa confiança. Este pilar utiliza, basicamente, duas abordagens para a obtenção da meta "zero perdas funcionais":

- BPA (*Business Process Analysis*) parte das necessidades de mercado e define os processos organizativos internos à companhia para responder àquela demanda, e logo em seguida define os objetivos de melhoria;

- *AUTONOMOUS MANAGEMENT* é composto de quatro passos: limpeza e eliminação dos materiais/ documentos inúteis, organização e inventário dos arquivos, análise do fluxo das atividades do escritório e finalmente as ações de melhoria. Note-se que as duas abordagens devem ser adotadas em paralelo, como mostrado na Fig. 3.12.

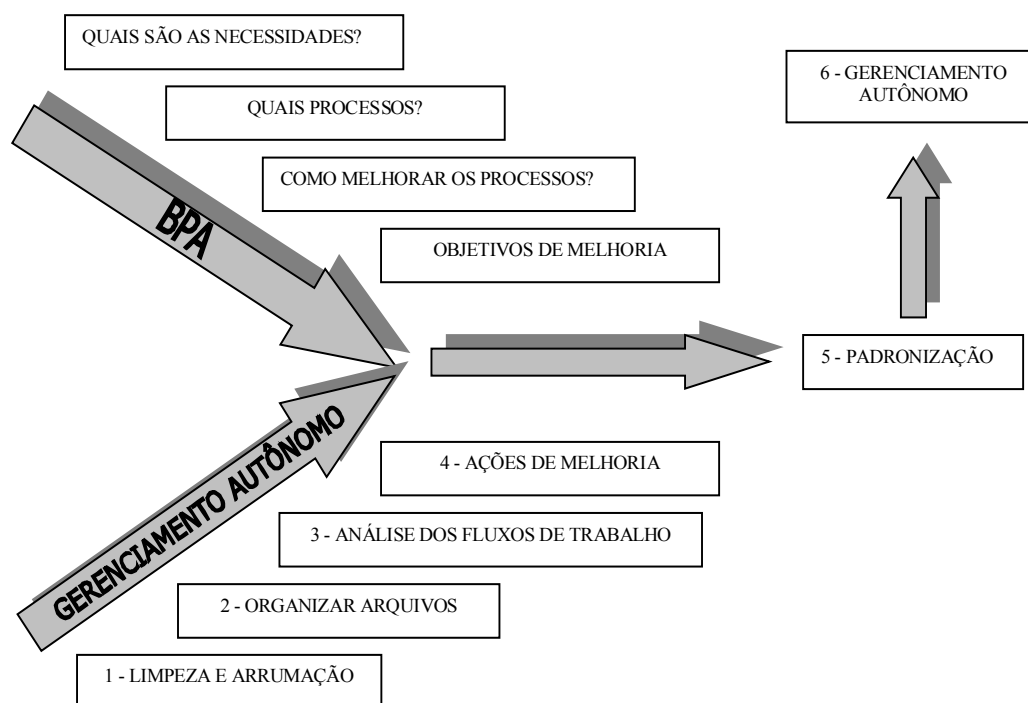



Figura 3.12 – Abordagens do OFFICE TPM

Fonte: JIPM, 1999, p. OT 2

- **Segurança e Meio–ambiente** – estabelecimento de um sistema que assegure as boas condições de segurança e higiene no ambiente de trabalho, obtendo assim a manutenção do nível "Acidente Zero". A atuação deste pilar baseia-se nas seguintes atividades:

  - análise das áreas de risco de acidentes;
  - elaboração e extensão das contramedidas para evitar os acidentes;
  - apoio à aplicação da Manutenção Autônoma;
  - apoio ao pilar de Treinamento e Educação;
  - análise dos riscos ambientais;
  - aplicação das políticas ambientais (por exemplo, a ISO 14.001).

3.4.3.4 Política de *Deployments* e Conceito de Máquina-Modelo

Segundo o dicionário Michaelis (2000), *Deployment* significa desenvolvimento/ desdobramento, e é portanto com esse sentido que se passará a usar essa palavra inglesa, no decorrer deste trabalho, pois toda a abordagem do JIPM para a implantação e extensão da metodologia TPM baseia-se na Política de *Deployments*, que nada mais é do que a visualização de uma determinada variável, que é desdobrada através de gráficos de Pareto seqüenciais, que fornecem rapidamente uma idéia de prioridades de atuação para a eliminação das perdas. Na Fig. 3.13. pode-se ver um exemplo hipotético de uma perda bastante conhecida nos processos industriais, as quebras de máquina.

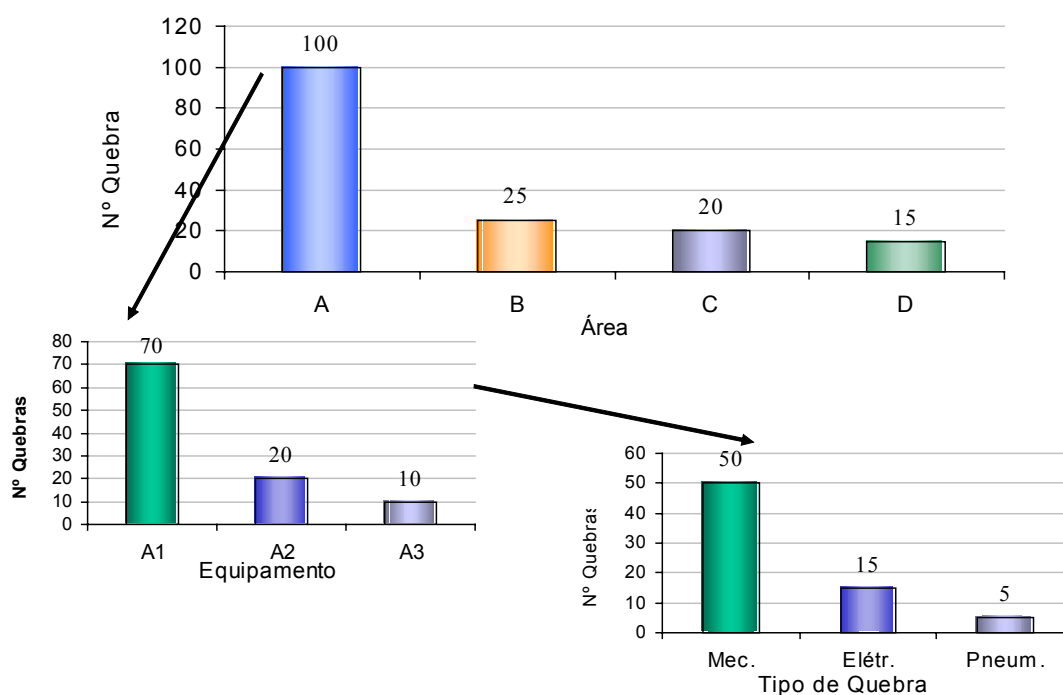



Figura 3.13 – Exemplo *Deployment* de Quebras

Nesse exemplo bastante simples percebe-se que fica extremamente fácil visualizar que é na área A onde se tem mais quebras e é nesta área onde fica instalada a máquina A1; sabe-se, também que a especialidade de maior envolvimento nos trabalhos de reparos na máquina A1 será a equipe de mecânicos.

Os *Deployments* podem ter níveis diferentes, por exemplo:

- são considerados de primeiro nível *Deployments* de Custos, Volume, Qualidade, Flexibilidade e Segurança e Meio-ambiente;

- os *Deployments* de Produtividade, S*et up* e Quebras, por exemplo são classificados como de segundo nível por serem uma parte integrante dos *Deployments* de primeiro nível. Por exemplo, o *Deployment* de *Set ups* vai compor uma parte do de Volume ou Flexibilidade.

A importância de cada tipo de *Deployment* na busca da eliminação das perdas e, consequentemente, no alcance do nível de competitividade almejado, vai depender das metas relacionadas a cada uma das prioridades competitivas da empresa.

A análise começa com os *Deployments* de primeiro nível, que terão também importâncias diferentes entre si, pelos mesmos motivos acima mencionados, mas pode-se dizer que, em geral, toda a abordagem deve ser iniciada a partir do *Deployment* de Custos, e por isso será feita uma sucinta descrição dos passos a serem trilhados para a sua elaboração.

Segundo o JIPM (1995), toda a lógica do *Deployment* de custos baseia-se no fato de que qualquer item de custo usado nos processos produtivos pode ser dividido em duas parcelas: a primeira que vai ser incorporada ao produto (valor agregado ou VA) e a segunda, geralmente surpreendentemente maior, que pode ser classificada como perda (não valor agregado ou NVA). Note-se que esta abordagem do JIPM está alinhada com a interpretação de Ohno que foi apresentada na seção 3.3.

Dentro dessa segunda parcela, admite-se que existam mais duas partes; uma que dentro do contexto técnico-econômico atual não possa ser recuperada no momento e uma outra, chamada de potencial de recuperação, sobre a qual deve ser estabelecido o plano de ação. A Fig. 3.14 apresenta isso de uma forma gráfica.

O primeiro passo é fazer uma análise qualitativa, definindo o peso de cada item de custo no nível fábrica – para isso deve ser usado um grupo multifuncional bastante experiente e conhecedor dos itens de custo. Essa análise deve, num segundo passo, chegar às seções ou áreas que compõem o processo produtivo.

Ao final do segundo passo, tem-se uma boa idéia de onde estão localizados os principais itens de custo e qual a importância relativa entre eles, podendo-se, então, iniciar uma análise quantitativa dos custos. Para isso, devem ser usados os relatórios contábeis da empresa para a análise dos custos no nível de cada máquina do processo produtivo (3º passo).

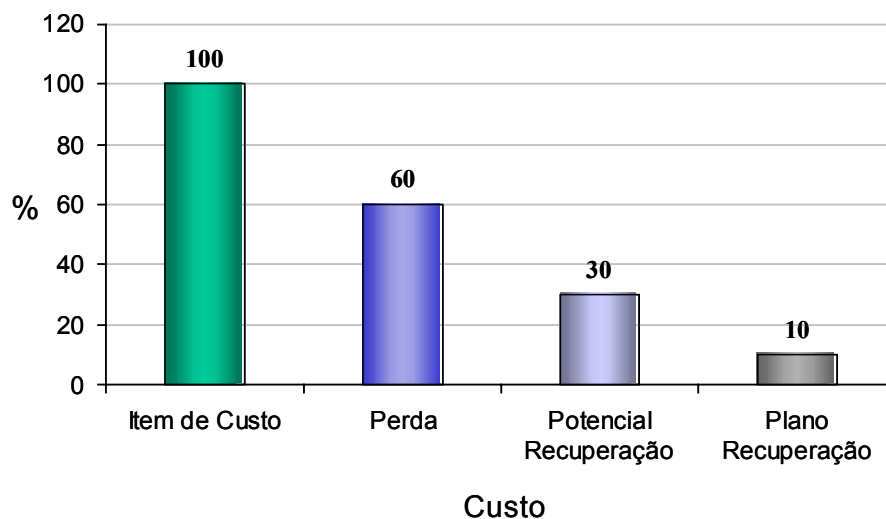



Figura 3.14 – Exemplo hipotético *Deployment* de Custos

A partir da visualização quantitativa exata dos custos em cada equipamento, pode-se fazer o caminho inverso, estendendo a abordagem quantitativa para cada área (4º passo) e, finalmente, para a fábrica toda (5º passo).

No 6º passo tem-se o plano de prioridades, que foi estabelecido nos 5 passos anteriores através de um sistema de matrizes, e também o plano de ação, que vai definir as máquinas modelos, onde deverão trabalhar os grupos multifuncionais de acordo com o tipo de *know-how* requerido pelas prioridades de ataque às perdas. Toda essa seqüência pode ser visualizada na Fig. 3.15.

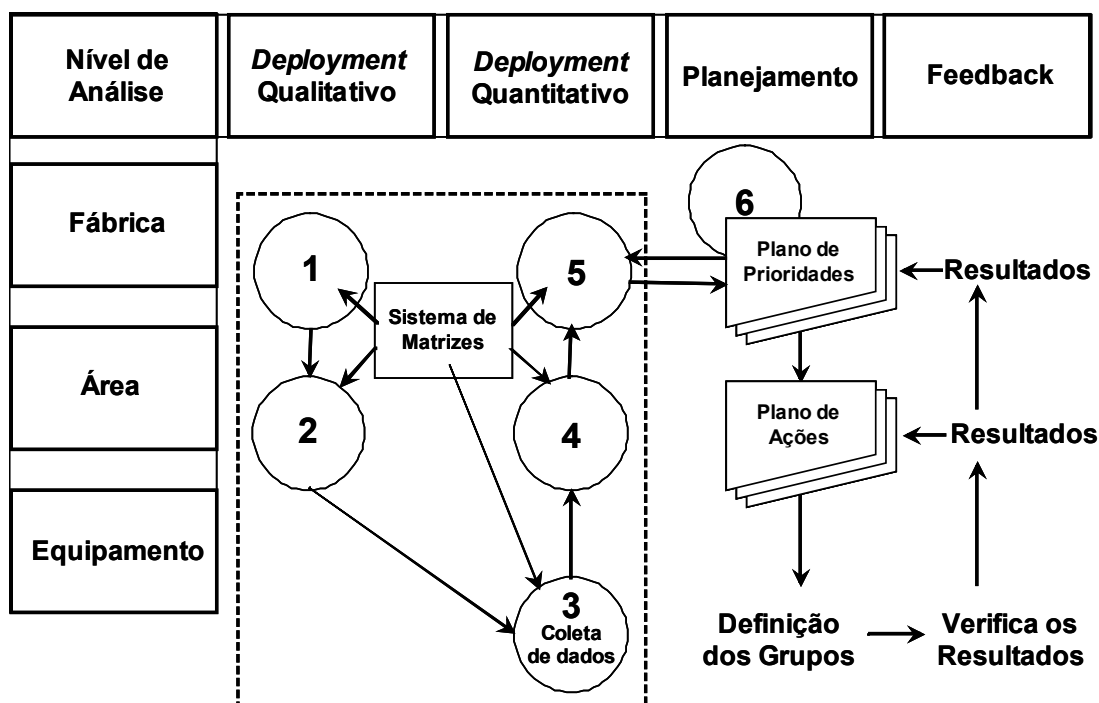



Figura 3.15 – Passos para a elaboração do *Deployment* de Custos

Fonte: JIPM, 1999.

Esse sistema de matrizes é composto de 6 matrizes a saber:

- **matriz A** - faz o cruzamento de cada item de custos e os tipos de perdas relativas a cada item, dando como resultado um Pareto com as perdas prioritárias;
- **matriz B** - faz o cruzamento de cada máquina e as suas perdas relativas. Essa matriz mostra em qual máquina estão localizadas as perdas prioritárias e, em conjunto com a matriz A, define o potencial de recuperação dessas perdas;
- **matriz C** - relaciona cada perda com o *know-how* requerido para eliminá-la – ou seja, quais as metodologias e quais os pilares do TPM que vão ser utilizados nesse ataque;
- **matriz D** - relaciona cada máquina e o *know-how* a ser utilizado, definindo o potencial de recuperação por equipamento;
- **matriz E** - cruza cada item de custo com o *know-how*, mostrando a prioridade de cada item;

- **matriz F -** construída a partir das perdas principais, das fases críticas do processo e das principais técnicas do TPM, definidas pelas matrizes A, B e C; elenca os projetos de melhoramento com o respectivo benefício potencial, por item de custo e por fase do processo.

Pode-se visualizar toda essa mecânica na Fig. 3.16.

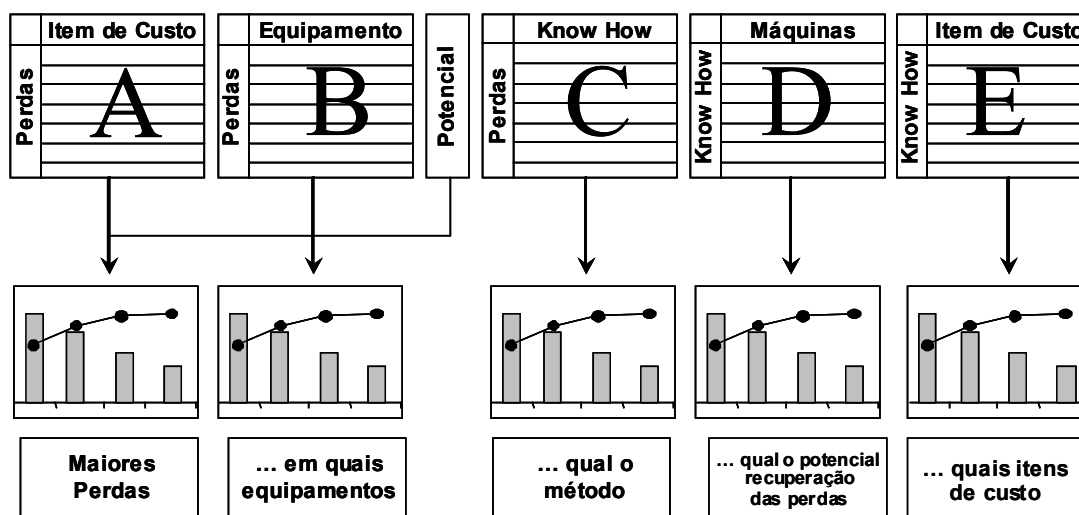



Figura 3.16 – Sistemas de matrizes para a elaboração *Deployment* de Custos

Fonte: JIPM, 1999, p. CD5

Segundo o JIPM (1995), o *Deployment* de Custos é o instrumento mais adequado para definir as máquinas e as fases do processo nas quais se deve iniciar o ataque para a eliminação das perdas. Deve-se, segundo as prioridades definidas pelas matrizes, escolher uma máquina ou processo de cada tipo, para que sirvam de modelo, pois neles serão abertos os grupos de trabalho multifuncionais, que atacarão as perdas estabelecendo o plano de melhorias que deverá ser estendido às demais máquinas ou processos idênticos. (Nos capítulos 4 e 5 serão mostrados a aplicação e funcionamento das máquinas modelo.)

3.4.3.5 A Eficiência Global do Equipamento e os Gargalos

> "Medir a eficiência do equipamento significa ir além do simples cálculo de disponibilidade ou do tempo que o mesmo está apto a ser usado. É necessário levar em conta todos os itens relacionados com o desempenho do equipamento.
>
> A fórmula para se medir a eficiência precisa incluir a disponibilidade (tempo operacional), a taxa de desempenho e a sua taxa de qualidade (índice de produtos aprovados). Isto faz com que vários departamentos (para não dizer todos) da empresa estejam envolvidos para se alcançar uma alta eficiência ou índice global de desempenho". (Mirshawka, 1994, p. 62)

Para o JIPM (1995), a evolução da redução das perdas deve ser monitorada a partir de um indicador chamado OEE (*Overall equipament effectiveness*), ou seja, aquilo que Mirshawka (1994) chama de Eficiência Global de Desempenho, pois à medida que as perdas vão sendo eliminadas, a tendência desse indicador é se aproximar dos 100%. Rama e Abraham (1997) entendem que os equipamentos são utilizados em um nível de eficiência inferior, relativamente às reais possibilidades do seu aproveitamento, devido à presença das grandes perdas nos equipamentos, as quais determinam graves perdas de tempo. Isso define OEE através da seguinte expressão:

OEE = Disponibilidade x Performance x Qualidade

onde,

$$\textbf{Disponibilidade} = \frac{\textbf{Tempo Operativo (TO)}}{\textbf{Tempo programado para produção (TPPP)}} \times 100$$

$$\textbf{Performance} = \frac{\textbf{Tempo Operativo Puro (TOP)}}{\textbf{Tempo Operativo (TO)}} \times 100$$

$$\textbf{Qualidade} = \frac{\textbf{Tempo Operativo Efetivo (TOE)}}{\textbf{Tempo Operativo Puro (TOP)}} \times 100$$

Na Fig. 3.17. pode-se visualizar a definição desses tempos, bem como descrição das perdas que vão fazendo com que o tempo total de calendário não possa ser integralmente aproveitado.

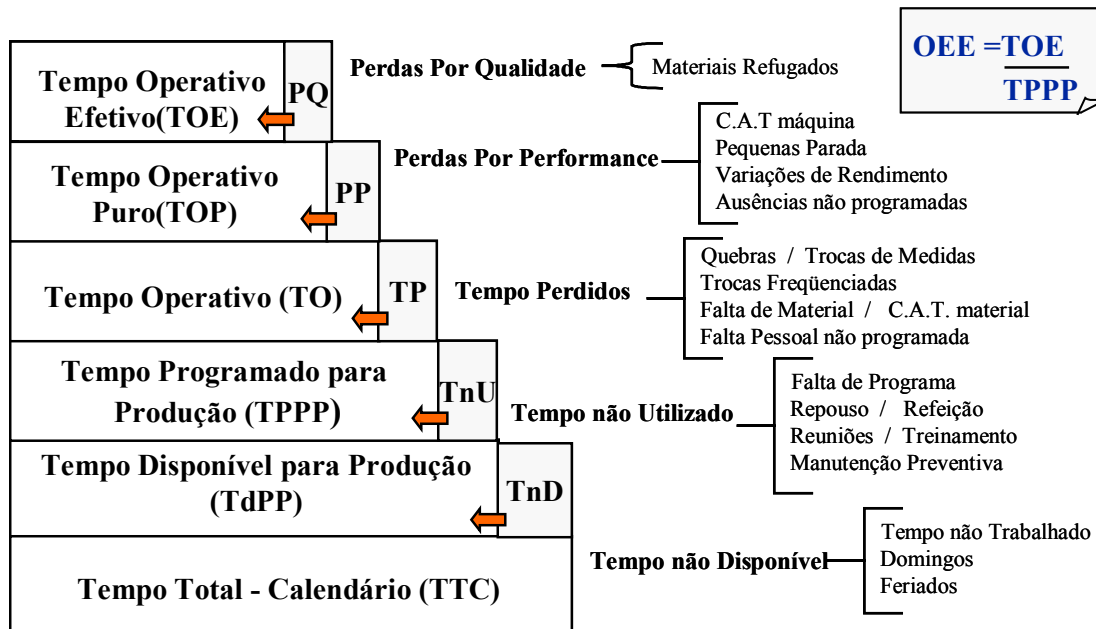



Figura 3.17 – Divisão de tempos da OEE

Fonte: JIPM, 1999

Salienta-se que a importância do monitoramento da OEE assume um papel ainda mais importante para os gargalos de produção, pois para Goldratt (1992), para que o fluxo do processo de produção seja equilibrado com a demanda de forma maximizada deve-se:

- identificar os gargalos do sistema;
- decidir como explorar os gargalos;
- subordinar o resto à decisão anterior;
- elevar as restrições do sistema;
- se nas etapas anteriores alguma das restrições deixar de ser gargalo, voltar ao primeiro passo de identificação.

Então pode-se dizer que, se para aumentar o *output* do processo produtivo é necessário aumentar a utilização dos gargalos, aumentar a OEE das máquinas que representam restrições para o fluxo passa a ser fundamental.

3.4.4 Just-In-Time (JIT)

Ohno (1997) afirma que o *JIT* surgiu da aplicação dos métodos dos supermercados americanos na fábrica da Toyota no final da década de 40, ou seja, o cliente pode obter "(1) o que é necessário, (2) no momento em que é necessário, (3) na quantidade necessária". E salienta que se o *Just-In-Time* não for implementado, o desperdício não poderá ser eliminado.

> "*Just-In-Time* não é uma ciência uma vez que não tem por objetivo estabelecer hipóteses, teorias ou leis sobre a realidade organizacional. Seus objetivos, pelo contrário, são de interferir, modificar essa realidade.[...] O JIT se coloca no campo do conhecimento técnico cujo objetivo é a transformação da realidade mediante uma relação de caráter normativo com os fenômenos que a compõem. [...] o *Just-In-Time* é única e exclusivamente uma técnica que se utiliza de várias normas e regras para modificar o ambiente produtivo, isto é, uma técnica de gerenciamento, podendo ser aplicada tanto na área de produção como em outras áreas da empresa." (Motta citado por Ghinato, 1996, p. 80)

Embora Shingo (1996) reconheça a importância do *JIT*, ele entende que o *Just-In-Time* seria um método para operacionalizar a eliminação dos estoques e da superprodução. Ghinato (1996), por sua vez, concorda com Ohno reconhecendo o *JIT* como uma técnica de gestão que sustenta o STP, e salienta que é fundamental entendê-lo como um "meio de aumentar os lucros através da eliminação das perdas.

Salienta-se que o intuito desta seção não é o aprofundamento do tema *JIT* por se entender que, devido à extensa literatura existente, pouco poderia ser acrescentado sobre a importância de tal técnica. Pretende-se, porém, nas próximas páginas repassar alguns de seus conceitos e elementos, que são importantes para a seqüência deste trabalho.

3.4.4.1 *Kanban* e a Produção Puxada

Conforme relata Ohno (1997), para evitar as "confusões" surgidas nos processos iniciais da Toyota devido às variações de demanda provocadas pelos processos seguintes, desenvolveu-se através de "tentativa e erro" a sincronização da produção. Foi a partir desse momento que surgiu a ferramenta para operar o STP chamada *kanban,* que no inicio nada mais era do que um "pedaço de papel", que, objetivamente, informava: quantidade de produção, quantidade de transferência ou de seqüência, destino, ponto de estocagem, container, etc.

Para Ohno (1997), o *kanban* viabiliza e operacionaliza o *Just-In-Time*, sendo o "nervo autonômico" da linha de produção, pois possibilita aos operários começar a trabalhar por iniciativa própria e passar a tomar, inclusive, decisões quanto à utilização de horas-extras. A alta visibilidade das informações de gestão do *kanban* possibilita aos supervisores saber se alguma orientação precisa ser dada para garantir o bom gerenciamento do processo, uma vez que essa ferramenta tão simples mostra, imediatamente, o que são e onde estão as perdas.

Segundo Ohno (1997), o STP progride continuamente pela "supervisão minuciosa e constante das regras do *kanban*, como num problema sem fim". No entanto, se tais regras não forem corretamente seguidas, o *kanban* pode causar uma série de problemas, por isso é fundamental que se conheçam as suas funções e regras, conforme mostra o Quadro 3.2.

Ohno (1997) salienta ainda que a condição básica para que o *kanban* funcione bem como uma ferramenta para se alcançar o *JIT* é a administração dos processos de produção de forma a fluírem num ambiente de produção nivelada e organizada, com métodos padronizados de trabalho.

Quadro 3.2 – Funções e regras para uso do kanban

Funções do *Kanban*	**Regras para Utilização**
1. Fornecer informação sobre apanhar ou transportar.	1. O processo subseqüente apanha o número de itens indicados pelo *kanban* no processo precedente.
2. Fornecer informação sobre a produção.	2. O processo inicial produz itens na quantidade e seqüência indicadas pelo *kanban.*
3. Impedir a superprodução e o transporte excessivo.	3. Nenhum item é produzido ou transportado sem um *kanban.*
4. Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias.	4. Sempre afixar um *kanban* aos produtos (itens).
5. Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz.	5. Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte.
6. Revelar problemas existentes e manter o controle de estoques.	6. Reduzir o número de *kanbans* paulatinamente

Fonte Ohno, 1997, p.48

3.4.4.2 Flexibilidade, Redução dos Lotes e Redução do *Set-up*.

Para Black (1998), flexibilidade é a capacidade de um sistema de produção poder reagir rapidamente a mudanças na demanda dos clientes, mudanças no projeto do produto ou no *mix* de produtos. Traduzindo-se isso no processo produtivo, tem-se:

- **operação de equipamento** – troca rápida de ferramentas, sem ajustes e com detecção automática de erros;
- ***set-up*** – fácil de ajustar e rápida troca de ferramentas e matrizes;
- **processos** – diferenças nas operações e processos para peças diferentes. Diferentes seqüências de operações e habilidade para lidar com mix diferentes;
- **capacidade** – habilidade para variar o *out put*, taxa e volume de produção.

Segundo Ohno (1997), a implementação do *JIT* implica tentar produzir apenas os itens retirados pela fase subseqüente, o que por sua vez vai significar fazer a troca de ferramentas com mais freqüência.

Para Shingo (1996), pelo fato do STP trabalhar com a produção sincronizada e os processos iniciais serem "puxados" pelos processos subseqüentes – e isso pode assumir grandes dimensões com o envolvimento dos fornecedores externos – "o ajuste de tempo e o volume são críticos". Se um processo subseqüente precisa ser abastecido a intervalos irregulares, o processo precedente precisará de recursos extras para suportar a variação da demanda. Obviamente, desta maneira estaremos embutindo pesadas perdas no sistema, por isso precisa haver um equilíbrio entre a capacidade – que é a habilidade de máquina e do operador em concluir o trabalho – e a carga – volume de trabalho que precisa ser executado.

Este equilíbrio é chamado pela Toyota de nivelamento, que significa mover os picos com demanda acima da capacidade produtiva para períodos com capacidade superior à demanda produtiva. Isso exige uma enorme flexibilidade do sistema de produção, que vai necessitar subdividir os pedidos e diminuir cada vez mais os lotes de produção.

No dia a dia da fábrica os *set-ups* se tornarão mais freqüentes, o que exigirá, de acordo com o *Productivity Press 2* (1996), um método racionalizado para reduzir o tempo das trocas; o Sistema de Troca Rápida de Ferramentas (TRF), o qual é composto de oito passos, os quais

são enumerados a seguir:

- separação das operações de *set up* em internas e externas;
- converter *set up* interno em externo;
- padronizar a função, não a forma;
- utilizar grampos funcionais ou eliminar os grampos;
- usar dispositivos intermediários;
- adotar operações paralelas;
- eliminar ajustes;
- mecanização.

3.4.4.3 Folhas de Trabalho Padrão (FTP)

> "Eliminamos o desperdício examinando os recursos disponíveis, reagrupando máquinas, melhorando processos de usinagem, instalando sistemas autônomos, melhorando ferramentas, analisando métodos de transporte, e otimizando a quantidade de materiais disponíveis para procedimento. A alta eficiência da produção também foi mantida pela prevenção da ocorrência de produtos defeituosos, erros operacionais, acidentes, e pela incorporação das idéias dos trabalhadores. Tudo é possível por causa da imperceptível folha de trabalho padrão." (Ohno, 1997, p.41)

Com esta afirmação, Ohno pode surpreender àqueles que esperavam que os elementos chaves do STP devessem ser todos inovadores e inéditos, pois ele está falando de um instrumento "Taylorista". Talvez resida aí a "magia" do sistema que criou conceitos inovadores, mas, ao mesmo tempo, adotou instrumentos consagrados, como é o caso da folha de trabalho padrão (FTP) para operacionalizá-los, ou, nas palavras de Ohno, "viabilizá-los".

Para Ohno (1997), um dos "segredos" do STP é o estabelecimento do controle visual integral nas plantas de produção, através da fixação das FTPs em local bem visível, em cada estação de trabalho. As mesmas, associadas aos andons (quadros que indicam o local e a natureza das situações problema que provocam a parada da linha), são um meio de controle visual para administração de todo o Sistema Toyota de Produção.

Com a folha de trabalho padrão pode-se combinar eficazmente materiais, operários e máquinas para produzir com eficiência, pois ela "lista com clareza os três elementos do procedimento de trabalho padrão":

- ***takt time*** - é o tempo alocado para a produção de uma unidade. É na variação desse tempo, causada por diferença na movimentação e na seqüência do operador, que estão as perdas. No Japão costuma-se dizer que "o tempo é a sombra do movimento";
- **seqüência do trabalho** - define a ordem de operações que os operários devem seguir para processar os itens, transportá-los, montá-los ou removê-los das máquinas;
- **estoque padrão** - embora conceitualmente seja uma perda, refere-se ao mínimo de materiais ou itens em processo ou inter-processo que garantam a continuidade das operações e do fluxo entre elas, sem interrupção.

3.4.5 Autonomação e a Separação Homem/ Máquina

Ohno (1997) é categórico ao afirmar que a Autonomação compõe com o *JIT* a base do Sistema Toyota de Produção, salientando que a Autonomação – máquinas capazes de detectar anormalidades e paralisar o processamento "autonomamente" - não pode ser confundida com a simples automação.

O autor relata também que a idéia de "dar inteligência à máquina" surgiu com a invenção de um tear auto-ativado, que parava instantaneamente caso algum fio se rompesse ou a quantidade de tecido programada fosse atingida. Essa invenção de Sakichi Toyoda, feita em 1926, inspirou Ohno, mais de 20 anos depois, a aplicar na fábrica Koromo da Toyota Motor Company o conceito da automatização com um toque humano, que previa o acoplamento de um dispositivo de parada automática às máquinas de tal forma que elas detectassem anormalidades que pudessem produzir defeitos.

Ainda hoje, em todas as fábricas da Toyota, quase a totalidade das máquinas possui esses dispositivos, independentemente de serem equipamentos novos ou antigos. Tais dispositivos trabalham associados a outros, como os de segurança, parada de posição fixa, sistemas de finalização de operação e sistemas à prova de erros (sobre estes últimos, falar-se-á mais detalhadamente no próximo capítulo).

> "A Autonomação também muda o significado de gestão. Não será

> necessário um operador enquanto a máquina estiver funcionando normalmente. Apenas quando a máquina pára, devido a uma situação anormal, é que ela recebe atenção humana. Como resultado, um trabalhador pode atender diversas máquinas, tornando possível reduzir o número de operadores e aumentar a eficiência da produção." (Ohno, 1997, p. 28)

Com essas afirmações Ohno chama atenção para o fato de que a Autonomação prevê a detecção das anormalidades pela máquina, porém, como será visto mais adiante, a sua correção permanece ao encargo do operador. Outro fato relevante depreendido dessa citação é a correlação da Autonomação com a multifuncionalidade e com o aumento de produtividade.

Segundo Ghinato (1996), embora o mais correto fosse usar as expressões japonesas "*Ninben no tsuita jidoka*" ou "*Ninben no aru jidoka*" para se dizer que uma máquina é dotada de inteligência e toque humano, por uma questão de simplificação, adotou-se apenas a palavra *jidoka* – que significa simplesmente automação – como uma síntese dessas expressões. Ghinato (1996) salienta, ainda, que é preciso haver uma clareza dos conceitos de Autonomação, automação e mecanização, que, embora possuam uma relação entre si, não devem ser confundidos. O mesmo esclarece:

> "Autonomação consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade.
>
> Por sua vez um sistema automatizado deve ser capaz de detectar qualquer anormalidade, decidir sobre a forma de correção adequada e aplicá-la. Um sistema com estas características é normalmente definido como completamente automatizado.
>
> [...] Por último, a mecanização consiste na transferência do trabalho manual executado pelo homem para o trabalho mecânico executado pela máquina." (Ghinato, 1996, p. 85)

Segundo Shingo (1996), para se entender o significado de Autonomação ou, como ele prefere chamar, pré-automação, é importante analisar a evolução histórica da separação do trabalhador da máquina, através da transferência gradativa das atividades, manuais inicialmente, mentais depois, do homem para a máquina. Esta evolução pode ser dividida em seis estágios:

- 1. **operação ou trabalho manual** - a transformação dos produtos não é feita por máquinas, apenas com as mãos e com o auxílio de ferramentas manuais;
- 2. **operação mecanizada** - o processamento é feito pela máquina, porém a alimentação e descarregamento, bem como a alimentação das ferramentas, são feitas pelo homem;
- 3. **alimentação e processamento mecanizados** - onde o homem, assim como nos

estágios anteriores, detecta condições anormais e executa as correções, além de continuar alimentando e descarregando os produtos e acionando a máquina, que, por sua vez, aciona as ferramentas e executa o processamento;

- 4. **semi-automação** - onde o encargo do homem é somente a detecção e correção das anormalidades;
- 5. **pré automação** - o homem se restringe a corrigir os defeitos, ficando ao encargo da máquina todo o restante, inclusive a detecção dos defeitos;
- 6. **automação** - todas as funções, inclusive a correção das anormalidades, são feitas automaticamente pela máquina.

No Quadro 3.3, Shingo (1996) dá uma idéia bastante clara da diferença da abordagem do STP quanto às atividades mentais em cada estágio da separação homem/ máquina, em comparação aos outros sistemas de produção.

Nota-se que, diferentemente dos sistemas tradicionais, no sistema Toyota o conceito de Autonomação ou pré-automação já é aplicado a partir do terceiro estágio, e é justamente aí que reside uma grande vantagem do STP, pois dessa maneira a Toyota pode garantir a produção de itens isentos de defeitos usando máquinas "mais simples" e antigas – muitas já amortizadas – nas quais foram incorporados dispositivos de paradas automáticas e funções detectoras de anormalidades que garantem também a redução de custos em comparação com a produção em massa.

Quadro 3.3 – Separação do Trabalhador e Máquina

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="4">Tipo
Estágio</th><th colspan="4">Operações Manuais</th><th colspan="4">Operações Mentais</th></tr>
<tr><th colspan="4">Operação Principal</th><th colspan="4">Folga</th></tr>
<tr><th colspan="2">Operações Essenciais</th><th colspan="2">Operações Auxiliares</th><th colspan="2">Sistemas Tradicionais</th><th colspan="2">Sistema Toyota</th></tr>
<tr><th>Corte</th><th>Alimentação</th><th>Instalação/ Remoção</th><th>Operação de Interruptor</th><th>Detecção de Anormalidade</th><th>Solução</th><th>Detecção de Anormalidade</th><th>Solução</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Operação manual</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Alimentação manual, corte automático</td><td>Máquina</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Alimentação automática, corte automático</td><td colspan="2">Máquina</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Máquina que para automa-ticamente (trab. supervisiona mais de uma máquina)</td><td>Trabalhador</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Semi-automação</td><td colspan="2">Máquina</td><td>Máquina</td><td>Máquina</td><td>Trabalhador</td><td>Trabalhador</td><td>Máquina (trab. supervisiona mais de uma máquina)</td><td>Trabalhador</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Pré-automação (automação com toque humano)</td><td colspan="2">Máquina</td><td>Máquina</td><td>Máquina</td><td>Máquina</td><td>Trabalhador</td><td>Máquina (automação com toque humano)</td><td>Trabalhador</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Automação real</td><td colspan="2">Máquina</td><td colspan="2">Máquina</td><td>Máquina</td><td>Máquina</td><td>Máquina</td><td>Máquina</td></tr>
</table>

Fonte: Shingo, 1996, p. 105.

4 AUTONOMAÇÃO (*JIDOKA*)

Ohno (1997) relata que já em meados da década de 60 – período de grande crescimento da economia japonesa, quando a indústria daquele país parecia ter aceitado e se adaptado ao modelo americano de produção em massa – havia uma grande dúvida se a utilização de "máquinas de alto desempenho" e de robôs traria um aumento real de eficiência. Isto porque esses equipamentos utilizados na automação não conseguiam fazer julgamentos e parar por conta própria, exigindo a constante supervisão de um operador a fim de impedir que as perdas por avarias, ferramentas desajustadas ou quebradas e a produção de grandes lotes defeituosos continuassem acontecendo.

Não houve, portanto, uma redução do número de operários com a automação, o que equivale a dizer que "o trabalho manual na maioria dos casos simplesmente mudou de nome". Então o mais lógico seria fazer o mesmo trabalho com o "equipamento mais antigo já existente" e com custos bem mais baixos.

Segundo Ohno (1997), boa parte das empresas ainda acredita equivocadamente que a redução de custos só será alcançada se os operários forem substituídos por robôs ou máquinas de alto desempenho. No entanto, para que a Autonomação seja eficaz, é fundamental a implantação de um sistema onde as máquinas possam "sentir" a ocorrência das anormalidades e interromper, de forma autônoma, o processamento. "Em outras palavras, precisamos dar às máquinas automatizadas, um toque humano – inteligência suficiente para que sejam automatizadas e levem a poupar operários ao invés de poupar mão-de-obra".

> "[...] É natural que os relativamente altos níveis de automação causem forte impacto na concorrência ocidental, especialmente porque uma análise menos atenta pode indicar que os altos índices de produtividade sejam conseqüência direta e exclusiva da intensiva utilização da robótica.
>
> [...] esta análise pura e simples não é suficiente para afirmarmos que a alta produtividade da indústria japonesa decorra da intensiva utilização de robôs. A automação é um fator importante sem dúvida. No entanto a organização adequada de toda a estrutura de produção precisa anteceder a introdução da automação. Conforme corretamente observado por Womack *et al*.(1992), é preciso transformar a fábrica numa "organização enxuta" primeiro". (Ghinato, 1997, p.32)

Na Toyota Motors (1995), para garantir o funcionamento do *Jidoka*, tanto as máquinas quanto o homem devem ser preparados para interromperem o fluxo de produção ao ser percebida qualquer anormalidade – embora essa parada boa parte das vezes nem ocorra, pois a linha de produção pode andar até uma determinada posição, dando tempo para possíveis

reparos após a sinalização do problema no andon. A Toyota ainda destaca as seguintes vantagens associadas ao *Jidoka*:

- impedir o desperdício com a proliferação de itens defeituosos para as etapas seguintes;
- "iluminar" as causas dos problemas, pois, devido a tempestividade da atuação, poderemos visualizar os problemas praticamente durante a sua ocorrência;
- eliminar a necessidade dos operadores ficarem "de olho na máquina", abrindo possibilidades de ganhos de produtividade;
- liberar o homem da "tirania da máquina", deixando-o livre para a realização de tarefas nas quais ele possa "exercer" habilidade e discernimento.

De acordo com a Toyota Motors (1995), embora a palavra *Jidoka* signifique automação, não é com este significado que ela é usada na Toyota. Lá, essa palavra recebe um ideograma complementar relativo à pessoa para "enfatizar a idéia de investir em máquinas com inteligência humana"

> "A gerência e os empregados da Toyota compartilham uma opinião muito forte a respeito dos papéis das máquinas e pessoas no seu sistema de produção. Eles acreditam firmemente na subserviência das máquinas para com o povo. Eles estão comprometidos em usar máquinas de tal maneira que o trabalho se torne mais humano para os empregados na fábrica. Para que isso aconteça, as máquinas têm que ter uma capacidade inerente para detectarem eventos anormais e responderem de acordo[...]. (Toyota Motors,1995, p.35)

Ohno (1997) percebeu que em períodos de crescimento econômico lento, quando existe a redução da demanda e os volumes de produção caem significativamente, mesmo operando com máquinas automatizadas, não era possível garantir os níveis de produtividade desejados. Por isso a Toyota passou a trabalhar na "demolição do sistema de um número fixo de operários" e no aumento da produtividade mesmo quando as quantidades de produção diminuem.

Para tornar isso possível foram necessários melhoramentos no *lay-out* de fábrica, nos equipamentos e, principalmente, o desenvolvimento dos operários multifuncionais. Desta forma, uma linha que originalmente foi projetada para trabalhar com 5 pessoas poderia operar com 4, 3, 2 ou 1 operário, com a conseqüente redução do *out-put*, mas ainda com bons níveis de produtividade.

Para Ghinato (1996), existe uma forte relação entre as técnicas e os conceitos no STP, decorrente da forma como o sistema foi construído, isto é, sempre baseado numa abordagem científica dos problemas e buscando os "Porquês" que os originaram. Porém, para realizarmos uma análise "consistente" sobre o STP, deve-se, primeiramente, entender o seu processo de gerenciamento. Para que se possa aprofundar a análise da Autonomação – que como já foi visto está intimamente ligada à autonomia que cada operador deve ter para gerenciar o processo, auxiliado por máquinas "inteligentes" – faz-se necessário abordar esta maneira "participativa" de gerenciar.

De uma maneira geral, aceita-se o processo de gerenciamento como sendo fundamental na condução de um negócio. Nota-se porém uma clara diferença na execução desses processos nas companhias japonesas em relação às ocidentais, pois nas primeiras existe uma ampliação da liberdade de decisão no "chão-de-fábrica".

Tal diferença parece ter tido origem na visão do precursor dos círculos de qualidade, Kaoru Ishikawa, que afirmava que a maior parte das falhas, cerca de 80%, advinha do processo gerencial. Logo, acredita-se que a prática das decisões consensuais e das atividades de grupo tenham possibilitado a descentralização de boa parcela das atividades que outrora competiam exclusivamente à alta administração. Pode-se visualizar esta diferença na Fig. 4.1.

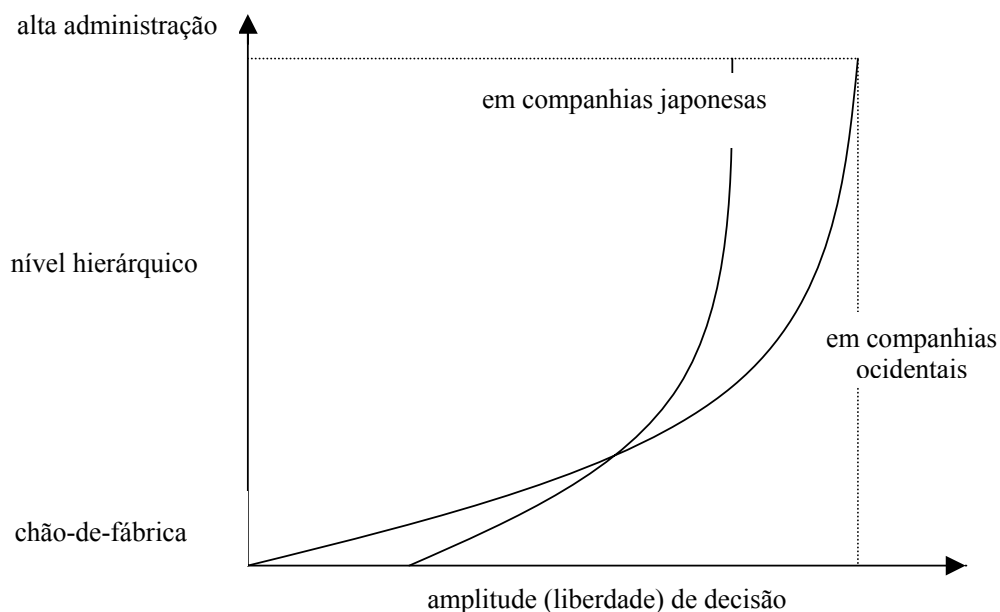



Figura 4.1 – Relação geral entre os níveis hierárquicos e a liberdade de decisão
Fonte: Ghinato, 1996, p. 40.

4.1 Funções do Gerenciamento

Conforme Ghinato (1996), é através da eficácia do processo de gerenciamento que se pode definir o sucesso ou o fracasso das organizações, pois por ele passam a filosofia, os valores, as crenças e os princípios que vão orientar toda a condução de um negócio, definindo claramente seus propósitos, metas e objetivos. Embora existam diferenças de opinião quanto ao número e denominações das funções do gerenciamento, "a essência destas funções pode ser reunida e perfeitamente organizada na classificação proposta por Shingo", na qual o processo de gerenciamento é composto por três funções/ fases: Planejamento, Controle (e Execução) e Monitoramento.

- **Planejamento** – Esta função é responsável pela identificação de alternativas de ação e definição dos relativos recursos que serão aplicados em cada uma dessas ações. Shingo, citado por Ghinato (1996), acredita que deve existir uma ligação "consistente e efetiva" desta função com as demais funções (Controle, Execução e Monitoramento), e por isso atribui à atividade da preparação de manuais de processos e padrões operacionais – os quais devem servir para treinamento e instrução das pessoas responsáveis pelas funções de Controle e Execução em todos os níveis das organizações – uma importância fundamental.

- **Execução e Controle** – Para Shingo, citado por Ghinato (1996), a qualidade de um produto é determinada nesta fase, independentemente de quão perfeito tenha sido o planejamento, por isso a instrução e o treinamento devem ser, necessariamente, atividades da função Controle e Execução. Sendo o Controle entendido não só como a comparação, feita pela chefia, dos resultados das atividades dos seus trabalhadores com um padrão pré-estabelecido, como também a atividade de reconhecimento e correção de um erro, feita pelo próprio trabalhador.

- **Monitoramento** – Para Ghinato (1996), é nesta fase que, a partir da identificação dos desvios verificados na Execução e Controle, pode-se determinar as causas fundamentais da ocorrência de falhas. O Monitoramento pode também atestar a eficácia dessas funções, contribuindo para o aprimoramento do processo através da retro-alimentação (*feedback*) das "informações relacionadas à ocorrência da deficiência e implementação de ação corretiva imediata".

4.1.1 O Controle do Processo

Como foi visto anteriormente, o gerenciamento é a "chave" para o sucesso de um negócio, e segundo Falconi, citado por Ghinato (1996), "o controle do processo é a essência do gerenciamento", por isso o ciclo "PDCA" ou ciclo da qualidade – que foi criado por Walter Shewhart e difundido no Japão pelas conferências de Deming nos anos 50 – foi identificado por muitos autores como o método de controle do processo que garantiu o sucesso dos japoneses, devido à sua intensiva utilização desde aquela época.

Para Slack (1997), o PDCA ou ciclo de Deming é a seqüência de atividades percorridas de maneira cíclica para melhorar as atividades, sendo composto pelos seguintes estágios:

- **planejar** (*Plan*), onde se faz um exame do atual método ou da área problema e formula-se um plano de ação que mantenha ou melhore o desempenho, o qual deve ser "concordado";
- **fazer** (*Do*), onde "tenta-se" implementar o plano operacionalmente; este estágio pode conter tantos miniciclos PDCA quantos forem necessários para resolver os problemas de implementação;
- **checar** (*Check*), onde avalia-se se a nova situação apresentou o melhoramento de desempenho esperado;
- **agir** (*Act*), onde as mudanças são consolidadas ou padronizadas, ou "as lições aprendidas são formalizadas antes que o ciclo comece novamente".

Na Fig. 4.2. pode-se visualizar o ciclo PDCA com os desdobramentos de cada estágio em seus passos internos.

Observa-se que, embora exista uma tendência histórica de fazer-se a utilização do ciclo PDCA nas atividades de melhoramento, ele também pode ser utilizado no caso de processos repetitivos com especificações que possuam tolerâncias de trabalho, para a manutenção do nível de controle.

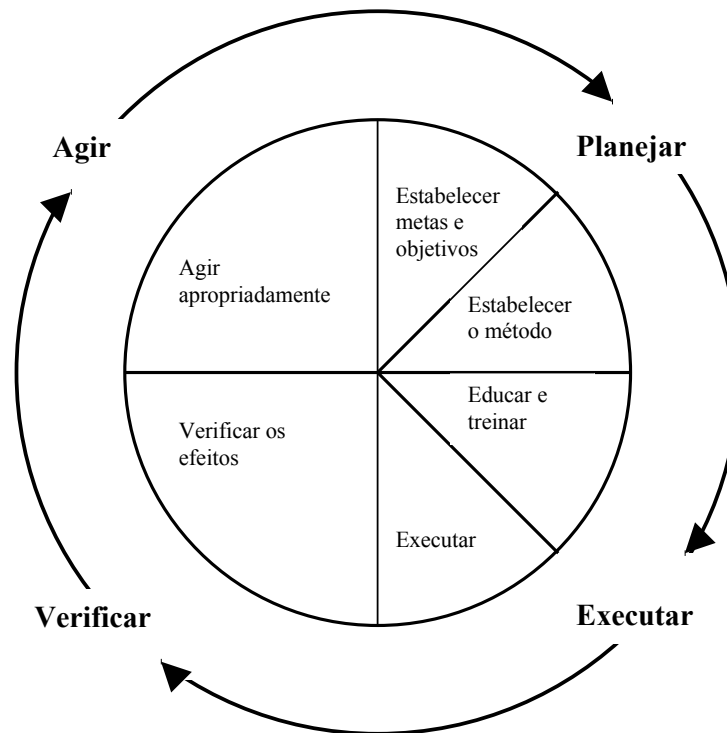



Figura 4.2 – Ciclo "PDCA" de controle de processo

Fonte: Ghinato, 1996, p.47.

4.1.2 PDCA e a Execução Controlada

Segundo Ghinato (1996), embora Shingo reconheça a validade do ciclo de Deming, ele entende que algumas observações precisam ser feitas com relação às suas funções e que o ciclo deveria ser simplificado para 3 estágios: planejar, executar e verificar, isto porque:

- o "Agir" estaria incorporado ao "Checar", ou seja, a ação corretiva frente a uma anomalia deveria ocorrer como decorrência imediata da verificação;
- o ciclo de Deming serviria muito bem para a manutenção e melhoria da qualidade dos processos, no entanto a função "fazer" seria uma função independente do gerenciamento e ligada diretamente a função "controle";

- o ciclo de Deming possuiria um sistema de *feedback* mais lento, o que poderia permitir a execução de uma atividade mesmo com a existência de um defeito que só seria localizado no estágio da verificação, sendo, portanto, incompatível com o Sistema "Zero Defeitos".

Verifica-se nessas observações a definição de uma nova forma de se executar e simultaneamente controlar as tarefas, ou seja, aquilo que Ghinato (1996) chama de execução controlada.

4.2 O Controle de Qualidade Zero Defeitos (CQZD)

Shingo (1996) sabia desde o início da década de 60, quando criou o sistema de inspeção sucessiva para a redução de defeitos e o introduziu na planta de Moriguchi da Matsushita Electric, que a inspeção seletiva, "embora sendo um procedimento racional", não garantiria a qualidade e que os defeitos provocavam instabilidade e "confusão" no processo de produção, terminando por gerar perdas, como por exemplo a necessidade de estoques.

Por isso a partir de 1965, estimulado pelas medidas "à prova de falhas" que a Toyota Motors já adotava, passou a combinar sistematicamente os conceitos de inspeção sucessiva, auto-inspeção e inspeção na fonte com aquelas técnicas "à prova de falhas". Isto lhe permitiu aprimorar os programas de Zero-Defeitos – criados e adotados pela indústria bélica dos Estados Unidos a partir de 1962, mas nunca tendo atingido integralmente o seu objetivo – chegando ao CQZD que, além de trabalhar a motivação como os programas predecessores, dava uma ênfase à questão operacional. Sobre esses programas Ghinato (1996) salienta que consistiam basicamente de:

- um "pacote" motivacional que, através de cartazes, quadros de desempenho, avisos, reuniões, etc., buscava motivar o trabalhador a reduzir os defeitos controláveis por ele;

- um "pacote" preventivo que centrava-se na análise e adoção de contramedidas baseadas nas sugestões dos próprios trabalhadores e voltadas à eliminação das causas dos erros e na conseqüente redução dos defeitos controláveis pela gerência.

Segundo Garvin (1992), com o objetivo de “promover uma vontade constante, consciente de fazer o trabalho (qualquer trabalho) certo da primeira vez”, tais programas, embora tenham sido muito importantes para impulsionar a chamada era da garantia da qualidade, mostravam-se insuficientes para alcançar o nível “zero defeitos”, uma vez que somente a motivação dos trabalhadores não conseguia evitar a recorrência dos defeitos e, como resultado do pacote preventivo, toda a responsabilidade pelos erros e defeitos acabava recaindo sobre os trabalhadores, o que desacreditou rapidamente esses programas. Resumindo, eram trabalhadas a filosofia, a motivação e a conscientização, mas as propostas específicas e técnicas de solução de problemas acabavam sendo relegadas a um segundo plano.

Em contrapartida, na Toyota o CQZD “não é um programa mas um método racional e científico capaz de eliminar a ocorrência de defeitos através da identificação e controle das causas”. Isso porque existe uma preocupação com a questão operacional e com a abordagem científica e estruturada de solução de problemas, que usa ferramentas como os “5 porquês” ou diagrama de causa-efeito etc., além de dispositivos que detectam anormalidades.

Então pode-se dizer que o controle deve ser aplicado na detecção dos erros a fim de evitar que eles provoquem defeitos, e para isso deve-se implementar os elementos fundamentais do CQZD, que são:

- inspeção na fonte;
- inspeção 100%;
- tomada de ações corretivas imediatas;
- utilização de *Poka Yoke.*

4.2.1 A Inspeção e a Execução Controlada

De acordo com Garvin (1992), o evento da produção em massa e a conseqüente necessidade de peças intercambiáveis forçou o surgimento da inspeção formal, a qual teve suas atividades relacionadas com o controle de qualidade pela primeira vez em 1922, através da *obra The Control of Quality in Manufacturing*, de G.S. Radford, que apresentava a qualidade como responsabilidade gerencial e função independente no processo produtivo.

Como foi visto anteriormente, para Shingo o planejamento, o controle e o monitoramento compõem as funções do gerenciamento, ficando excluída da esfera gerencial a função execução, que, segundo Ghinato (1996), "deve estar intimamente ligada à função controle, de forma que esta vinculação dê origem ao que pode ser chamado de execução controlada". Desta forma pode-se supor que aí estaria uma das raízes do "gerenciamento participativo" referenciado no início deste capítulo, pois se a execução não é uma função gerencial, a execução controlada passaria a sê-lo, principalmente "na medida que a função controle passa a ser desempenhada pela atividade de inspeção".

Como pode-se notar, como decorrência da "administração *taylorista*" e das necessidades dos sistemas de produção em massa, a inspeção passou a figurar como elemento independente que, em conjunto com o processamento, transporte e espera, compõe o processo. E este conceito perdura até os dias de hoje em boa parte das indústrias de manufatura ocidentais.

> "No ocidente, esta questão da separação entre inspeção e execução foi fortemente influenciada pela crença cristã de que o homem é mau por natureza, sugerindo que as pessoas não sejam confiáveis. Por esta linha de raciocínio explica-se porque as atividades de inspeção foram atribuídas a pessoas (inspetores) independentes em relação à execução e investidas de poderes para verificar, fiscalizar, interromper e, às vezes, até punir pelos erros encontrados." (Ghinato, 1996, p.94)

Para a Toyota Motors (1995) o *jidoka,* sendo uma "maneira humanística de configurar a relação homem-máquina", libera o operador (até o limite de tempo disponível determinado pelo *takt time*) para execução de atividades que agreguem valor.

Para Ghinato (1996), a incorporação da inspeção pela execução vai possibilitar que a própria operação inspeção, na sua forma convencional, possa ser gradativamente reduzida até a sua total eliminação, pois "do ponto de vista da função processo uma inspeção eficiente nada mais é do que um desperdício eficientemente conduzido".

4.2.2 A Inspeção, suas Estratégias e Técnicas

Para Deming (1990), a dependência da inspeção em massa – inspecionar 100% dos produtos acabados no final do processo – significa "planejar defeitos", pois seria o reconhecimento de que o processo não estaria capacitado para atender às especificações.

Mesmo feita com o sentido de melhorar a qualidade, esta estratégia é ineficaz e dispendiosa, pois ocorre de forma tardia. Em suma, a inspeção, a rejeição, a desclassificação ou o retrabalho não vão por si só constituir-se em ações corretivas ou de melhoramento no processo a montante.

Ghinato (1996) salienta que inspeção é um processo de comparação de um produto ou serviço com um padrão desejável e que as divergências dessa comparação podem ser classificadas como defeitos ou erros, e por isso faz a seguinte distinção:

- **defeito,** segundo ASQC, citada por Ghinato (1996), é "o distanciamento de uma característica de qualidade de seu nível ou estado desejado que ocorre com uma severidade suficiente para levar um produto ou serviço a não satisfazer requisitos de uso normalmente desejados ou razoavelmente previsíveis"

- **erro** é a execução das atividades de forma que haja possibilidade de ser gerado algum dano ao objeto, aos meios de obtenção deste, ou ao planejamento do fluxo das próprias atividades.

Percebe-se, daí, que existe uma forte relação entre os erros e os defeitos, e pode-se dizer que "o erro pode ser interpretado como um defeito em potencial". Desta forma é possível supor que para eliminar os defeitos deve-se necessariamente conhecer e evitar a incidência de erros.

Segundo Shingo (1996), a inspeção pode ter três objetivos: descobrir defeitos, reduzir defeitos ou eliminar defeitos e, dependendo desses objetivos, deve-se definir a estratégia ou sistema de inspeção, a saber:

- **inspeção por julgamento**, usada para descobrir defeitos, pois tem o foco na observação dos defeitos no produto, pode ser aplicada a lotes inteiros (100%) ou amostralmente. É considerado um método eficiente para descarte dos produtos defeituosos do fluxo, evitando que os mesmos cheguem ao mercado, mas sua efetividade sobre a eliminação da perda por fabricação de produtos defeituosos é muito pequena. Ou seja, a inspeção por julgamento não é capaz de identificar erros no processo, fornece no máximo um *feedback*, geralmente muito lento, dos defeitos encontrados no final da linha aos responsáveis pelo processamento. Essa informação, como não tem a tempestividade necessária, não servirá para evitar os

erros e nem para evitar a produção de grande quantidade de produtos defeituosos, por isso para atingir-se o CQZD deve-se substituir o método de inspeção por julgamento por outro que possa eliminar os defeitos;

- **inspeção informativa**, usada para reduzir defeitos, foca a sua atuação na velocidade de informar ao processamento que um defeito foi encontrado, ou seja, sua eficiência depende da agilidade do *feedback* – que será tanto melhor quanto mais próxima da fonte for executada a inspeção. Pode ser classificada em:

    - **auto-inspeção** - fornece o *feedback* mais imediato, pois o trabalhador inspeciona os produtos que acabou de processar, tendo como limitantes: a possibilidade do operador ser condescendente e permissivo com relação aos defeitos, ou cometer erros involuntários na inspeção;

    - **inspeção sucessiva** - proporciona maior objetividade do que a auto-inspeção e garante o *feedback* imediato, pois o trabalhador da fase seguinte inspeciona as peças que recebe antes de processá-las e, no caso de encontrar alguma defeituosa, informa o “fornecedor”. Tem como limitante o fato de o tempo de *feedback* aumentar à medida que se trabalha com lotes de transferência maiores; funciona muito bem quando se usa o lote unitário;

    - **controle estatístico do processo (CEP) -** embora seja muito usado nas indústrias, também não garante o zero defeito por admitir, dentro da sua lógica de funcionamento, um nível de defeituoso aceitável.

- **inspeção na fonte** - usada para eliminar defeitos, foca a sua atuação na detecção dos erros, possibilitando que o *feedback* seja feito ainda no estágio do erro, o que permite a execução da ação corretiva antes que o defeito ocorra. Nessa estratégia de inspeção, o ciclo da função controle é muito mais curto do que em qualquer uma das estratégias que vimos anteriormente, pois atua no nível das causas, sendo as ações corretivas dirigidas ao processamento e não ao produto, o que viabiliza o CQZD. A inspeção na fonte pode também ser classificada como vertical quando rastreia o problema ao longo do fluxo do processo ou horizontal quando identifica e controla condições dentro da própria operação.

4.2.3 Os Sistemas Poka Yoke e a Eliminação dos Erros

Conforme foi visto anteriormente, o tear auto-ativado de Sakichi Toyoda possuía um mecanismo para detectar anormalidades e parar imediatamente a máquina, ou seja, um tipo de dispositivo que, por sua difusão e utilização nas indústrias japonesas, passaria mais tarde a ser chamado de *Baka-Yoke* (a prova de tolos). Essa denominação não foi muito bem aceita pelos trabalhadores, o que forçou Shingo a rebatizá-lo, em 1963, de *Poka Yoke* (a prova de erros), termo menos ofensivo que expressa com mais exatidão a sua verdadeira função.

> "A fim de fabricarmos produtos de qualidade 100% do tempo são necessárias inovações nos instrumentos e equipamentos a fim de se instalar dispositivos para a prevenção de defeitos. Isto é chamado de *baka-yok*e, e os seguintes exemplos são de dispositivos *baka-yoke*:
>
> - quando há um erro de fabricação, o material não servirá no instrumento;
>
> - se há irregularidade no material, a máquina não funcionará;
>
> - se há erro de trabalho, a máquina não iniciará o processamento;
>
> - quando há erros de trabalho ou um passo foi pulado, as correções são feitas automaticamente e a fabricação continua;
>
> - as irregularidades no processo anterior são barradas no processo posterior a fim de parar os produtos com defeito;
>
> - quando algum passo é esquecido, o processo seguinte não será iniciado." (Ohno,1997, p.56)

> "O dispositivo *Poka yoke* em si não é um sistema de inspeção, mas um método de detectar defeitos ou erros que pode ser usado para satisfazer uma determinada função de inspeção. A inspeção é o objetivo, o *Poka yoke* é simplesmente o método. Por exemplo, um gabarito que rejeita uma peça processada incorretamente é um *Poka yoke* que desempenha a função de inspeção sucessiva. [...] (Shingo, 1996, p.56)

> "O dispositivo *poka yoke* é um mecanismo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade. Na verdade, o *poka yoke* é mais do que apenas um mecanismo de detecção de erros ou defeitos: é um recurso utilizado com o principal objetivo de apontar ao operador (ou a máquina) a maneira adequada de realizar uma determinada operação. É, em resumo, uma forma de bloquear as principais interferências (normalmente erros humanos) na execução da operação." (Ghinato, 1996,p.113)

> "No Sistema de Produção Toyota, nós projetamos equipamentos para detectar anormalidades e para parar automaticamente quando elas ocorrem. E equipamos os nossos operadores com os meios de pararem o fluxo de produção na hora em que eles percebem qualquer coisa estranha. Essa *jidoka* mecânica e humana impede que itens defeituosos progridam para as etapas subseqüentes de produção, e impede o desperdício que seria o resultado da produção de uma série de itens defeituosos." (Toyota Motors, 1995, p.31)

> "Os *Foolproof Systems* são usados para eliminar defeitos que podem ocorrer devido à omissão ou descuido por parte do trabalhador, e não pela falta de tempo no tempo de ciclo ou por má vontade de parar a linha." (Monden, 1998, p.229)

> "Se encontrarmos um problema nas linhas é necessário um mecanismo para parar o processo ... isto significa dispor do mecanismo e de coragem para parar [...]" (Takeda, 1993, p.6)

> "Controlar o processo para prevenir defeitos em vez de inspecionar após o fato para encontrar os defeitos. O termo japonês para prevenção de defeitos é *poka yoke*. Em cada estágio o produto deve ser checado ; assim, cada trabalhador deve ser um inspetor. A qualidade é controlada na fonte. Os trabalhadores de produção corrigem seus próprios erros, e não há linhas separadas para retrabalhos. [...] O próximo trabalhador pode checar o trabalho puxado do trabalhador anterior, ou um dispositivo de inspeção automática colocado entre os trabalhadores pode checar as características de qualidade.

> Dar aos trabalhadores a autoridade para parar o processo quando algo sai errado. Processos mecanizados podem ter dispositivos para fazer isto automaticamente (inspeção no processo). Sistemas mais refinados podem ter a habilidade de ajustar ou modificar o processo para corrigir o problema. A máquina deve ser programável (Equipar a máquina ou processo para prevenir a ocorrência de defeitos é chamado *Poka Yoke*)" (Black,1998, p.160)

Pelas citações de vários autores e fontes acima percebe-se claramente a vital importância da utilização dos sistemas a "prova de erros" na busca da eliminação dos defeitos. Embora o objetivo aqui seja ressaltar a afinidade existente entre as mesmas, optou-se por manter as terminologias diferentes conforme as suas descrições originais, por entender-se que as pequenas discrepâncias de nomenclatura e até conceituais, ao invés de causar ambigüidades, só reforçam o entendimento de que os Sistemas *Poka Yoke*, como instrumentos para se chegar ao CQZD, podem apresentar potencialidades que devem ser melhor analisadas, estudadas e exploradas a medida que se operacionalize a Autonomação nos processos produtivos.

Com relação à nomenclatura, por uma questão de facilitar o entendimento do leitor, passar-se-á a utilizar indistintamente as expressões: *poka yoke* ou *foolproof* para identificar os dispositivos ou sistemas usados para detectar anormalidades, as quais podem se apresentar sob a forma de erros ou defeitos, durante a execução da produção.

Ghinato (1996) salienta que deve-se distinguir entre dispositivos *poka yoke* e Sistemas *Poka Yoke*, a saber:

- dispositivos *poka yoke* são simples, geralmente de baixo custo de implantação e viabilizam a inspeção 100% (pré-requisito básico para o CQZD), dispensando a atenção constante dos trabalhadores;

- Sistemas *Poka yoke* utilizam dispositivos *poka yoke* que, além de detectar o erro ou defeitos, podem fornecer o *feedback* necessário à tomada da ação imediata para a correção do problema. A sua forma de funcionamento vai ser determinada pelo objetivo e o tipo de sistema de inspeção ao qual ele está associado. Os sistemas *Poka Yoke* podem parar as linhas ou processos com problemas ou simplesmente sinalizar através de sinal sonoro ou visual para que as providências sejam tomadas.

As regras básicas para facilitar a implantação dos Sistemas *Poka Yoke* são:

- estabelecer uma área piloto e listar os erros mais comuns cometidos pelos operários naquele processo;
- estabelecer uma lista destes erros de acordo com a freqüência que eles ocorrem;
- estabelecer ordem de importância desses erros;
- desenvolver dispositivos *poka yoke* para os erros mais importantes das duas listas;
- avaliar o custo de implantação desses dispositivos.

Para Shingo (1996) os Sistemas *Poka Yoke* são classificados de acordo com o propósito (função regulagem) e técnicas utilizadas (função de detecção) a saber:

- **função de regulagem**, que utiliza o método de controle para parar a linha após a detecção de alguma anormalidade, ou o método de advertência que, ao invés de parar a linha, vai apenas emitir sinais com luzes ou alarmes, para que os operadores tomem as medidas necessárias.
- **função de detecção**, que englobaria os métodos de contato, de conjunto e etapas;

Para Monden (1998) os *Foolproof Systems* são compostos por:

- **instrumentos com função de detecção,** que vão "perceber" a anormalidade ou desvios no processo;
- **ferramentas com função de restrição,** que vão parar a linha ou impedir que o processo continue, separando, muitas vezes, o produto defeituoso;
- **dispositivos com função de sinalização,** que vão chamar a atenção do trabalhador através de campainhas ou luzes.

Com relação à função de detecção, pode-se dizer que ela pode ser enquadrada em 3 categorias, a saber:

- **método de contato**, usado para detectar diferenças no tamanho ou forma do produto com relação ao especificado ou verificar a presença de defeitos específicos, como diferenças de cores ou tonalidades de cores. Os sensores utilizados nesse método são do tipo *limit switches,* células fotoelétricas e até sensores de reflexão;

- **método do conjunto**, usado para garantir que todos os passos de uma operação sejam executados conforme previamente estabelecido, também nesse método as células fotoelétricas são bastante utilizadas;

- **método das etapas**, usado para garantir que os passos de uma operação sejam executados na seqüência pré-estabelecida.

Pode-se dizer que um Sistema *Poka Yoke* completo poderia lançar mão simultaneamente de vários dispositivos como instrumentos de detecção, ferramentas de restrição e dispositivos de sinalização, fato que ocorre em boa parte das vezes. O exemplo da Fig. 4.3. ilustra bem isso, onde em um processo de empacotamento, o elevador ou o produto pode ser danificado se o produto não está centrado no *pallet*. Para prevenir isso, um par de *limit switches* detecta a descentragem lateral do produto e um par de fotocélulas verifica a descentragem anterior/ posterior. Se o produto está incorretamente posicionado, um *stopper* bloqueia o fluxo do *pallet* ao longo da linha até o elevador e uma sirene é acionada para chamar a atenção dos operadores para o problema. Nesse caso, os *limit switches* e as fotocélulas são os instrumentos de detecção, o *stopper* é a ferramenta de restrição e a sirene, o dispositivo de sinalização.

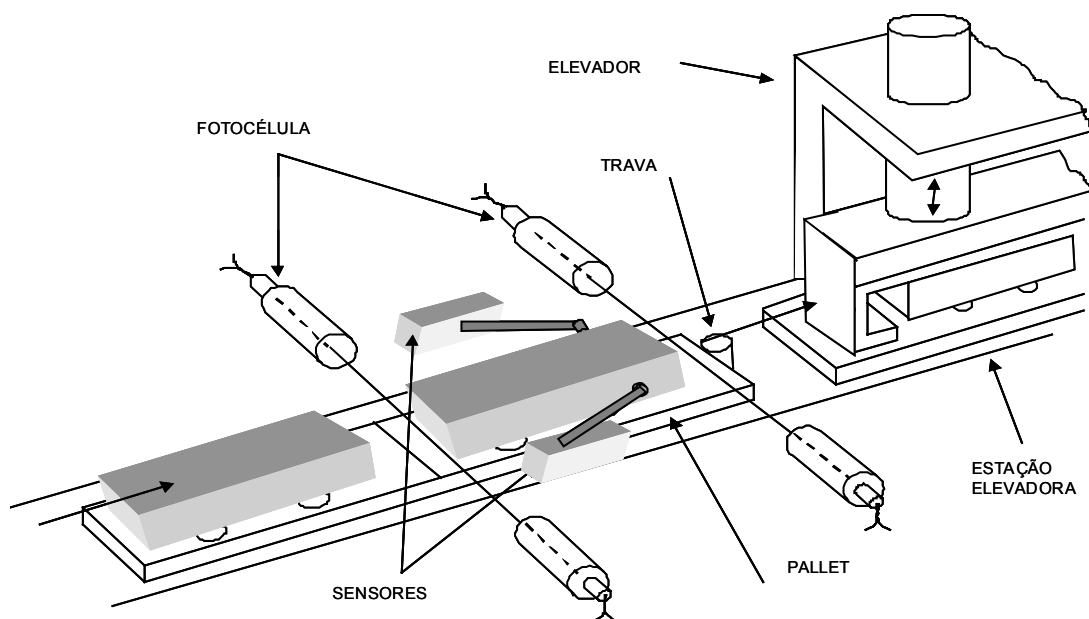



Figura 4.3 – Exemplo de um Sistema *Poka Yoke*

Fonte: Adaptação de Monden, 1998, p.230.

4.2.4 Os Fatores Q e o Zero Defeitos

Como foi visto no capítulo 3, o pilar do TPM de Manutenção para a Qualidade utiliza uma série de técnicas voltadas ao maquinário, mão-de-obra, material e método/ meio-ambiente (4M), de forma a garantir suas condições ótimas e eliminar as perdas, atingindo assim o nível "zero defeito". Ou seja, para o JIPM (1996), os 7 passos para a Manutenção para a Qualidade são:

1. definir os padrões atuais - cujo objetivo é identificar a relação entre as características qualitativas, os equipamentos e os respectivos métodos operativos. Para isso são utilizadas técnicas como: classificação dos defeitos com diagrama de Pareto, estratificação, FMEA, culminando na matriz Q1. A matriz Q1 determina as características da qualidade a serem mantidas, identifica e estratifica os defeitos, identifica os fatores que provocam os defeitos e estabelece as prioridades. Isso é feito através do cruzamento de cada fase do processo com os 4M, onde se estabelece peso para cada defeito com relação a cada uma das fases, chegando nos pontos do processo que podem influenciar na geração desse defeito. Salienta-se que a estrutura da matriz Q1 será melhor detalhada na seção 5.3.3.1;

2. restaurar e melhorar os padrões - onde são restauradas as condições iniciais dos processos, eliminando as causas conhecidas dos defeitos através das ferramentas para a qualidade como 5 Porquês, 5W1H, Análise 4M, DTA (*Defect Tree Analysis*) e culminando na matriz X, que correlaciona as características qualitativas com variáveis de processo e componentes do equipamento, definindo como e onde deve-se agir na máquina e quais dos seus componentes influenciam no problema. Nesse passo, além de subdividir-se os itens de controle do processo entre a operação e a manutenção, estabelece-se a matriz Q2 provisória;

3. analisar as perdas crônicas - onde são evidenciadas as causas desconhecidas dos defeitos, relacionando-os com os 4M através do FMEA, Projeto de Experimentos e análise PM (P indica *Phenomenon* e *Physical*, no sentido de olhar o fenômeno em termos físicos, e o M significa *Man*, *Method*, *Machine*, *Material* (4M) e *Mechanism*, que são as variáveis que serão analisadas);

4. reduzir e eliminar todas as possíveis causas das perdas crônicas - onde são restauradas as condições ótimas das máquinas através da realização do *Kaizen*, realizando ações que permitam a consolidação e redução do número de itens de controle;

5. estabelecer as condições de zero defeito - onde é estabelecido o método de inspeção de cada elemento através da revisão do padrão de controle e da definição da Matriz Q2 definitiva. A matriz Q2 fornece um quadro sintético sobre as condições que devem ser mantidas para prevenir-se a ocorrência de defeitos, pois ela, usando a técnica dos 5W1H, integra todas as informações existentes das características a serem controladas na máquina, quer sejam estas oriundas de um projeto de melhoria (Matriz X), como do *know-how* já existente (controle da eficiência qualitativa, informações do fabricante, ou oriundas dos relatórios de manutenção preventiva/ corretiva), para garantir a performance do equipamento. A composição da matriz Q2 pode ser vista na Fig. 4.4. Como resultado da Matriz Q2 tem-se a definição dos Fatores Q (FQ) que serão limitados aos componentes ou características de controle verdadeiramente críticos da máquina. Os FQs são constituídos por Componentes Q (CQ) - que são as características dos componentes ou parte dos equipamentos que perdem a funcionalidade ao longo da sua utilização, e esta depreciação/ desgaste apresenta uma tendência conhecida - e Pontos Q (PQ), que são as características que não são intrínsecas a um único componente da máquina, mas relativas ao processo como um todo, ou ainda características que resultam de uma composição dos efeitos de vários componentes. Um exemplo de PQ seria a temperatura de um forno ou a velocidade de uma linha. Por outro lado, um bom exemplo de um CQ seria o conjunto bucha e eixo num mancal ou desgaste de um

sensor de contato. Para identificação dos FQ que têm alta correlação com os defeitos, deve-se escolher aqueles cuja desregulagem no passado já tenha causado o defeito em análise ou realizar um estudo específico demonstrativo desta correlação.

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">partes da máquina</td></tr>
<tr><td>Parâmetro</td><td>O que?</td><td>parte A</td><td>parte B</td><td>parte C</td></tr>
<tr><td>Medição</td><td rowspan="2">Como?</td><td rowspan="6" colspan="3">Onde?</td></tr>
<tr><td>Especificação</td></tr>
<tr><td>Freqüência</td><td>Quando?</td></tr>
<tr><td>Responsável</td><td>Quem?</td></tr>
<tr><td>Ponto Q</td><td></td></tr>
<tr><td>Características Qualitativas</td><td>Por que?</td></tr>
<tr><td>Legenda</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Gestão dos Cinco Níveis para Zero Defeito</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Figura 4.4 – Composição da Matriz Q2

Fonte: Adaptação de JIPM, 1996

6. manter as condições para zero defeito - onde são executados e programados os controles diários; a efetivação deste passo é feita através do treinamento dos operadores e da aplicação dos padrões de controle (*check lists*)

7. melhorar os métodos para manter as condições para o "zero defeito" - onde é feita a otimização do tempo necessário para o controle das condições ótimas, monitoração das tendências (Fatores Q), verificação dos resultados, sensorização do maquinário e controle visivos, realização do ECRS (método de otimização e redução das perdas que Elimina, Combina, Reduz e Simplifica operações, como por exemplo o deslocamento que o operador faz no percurso de verificações e inspeções da linha de trabalho).

O fluxo da Fig. 4.5 ilustra a dinâmica desses 7 passos:

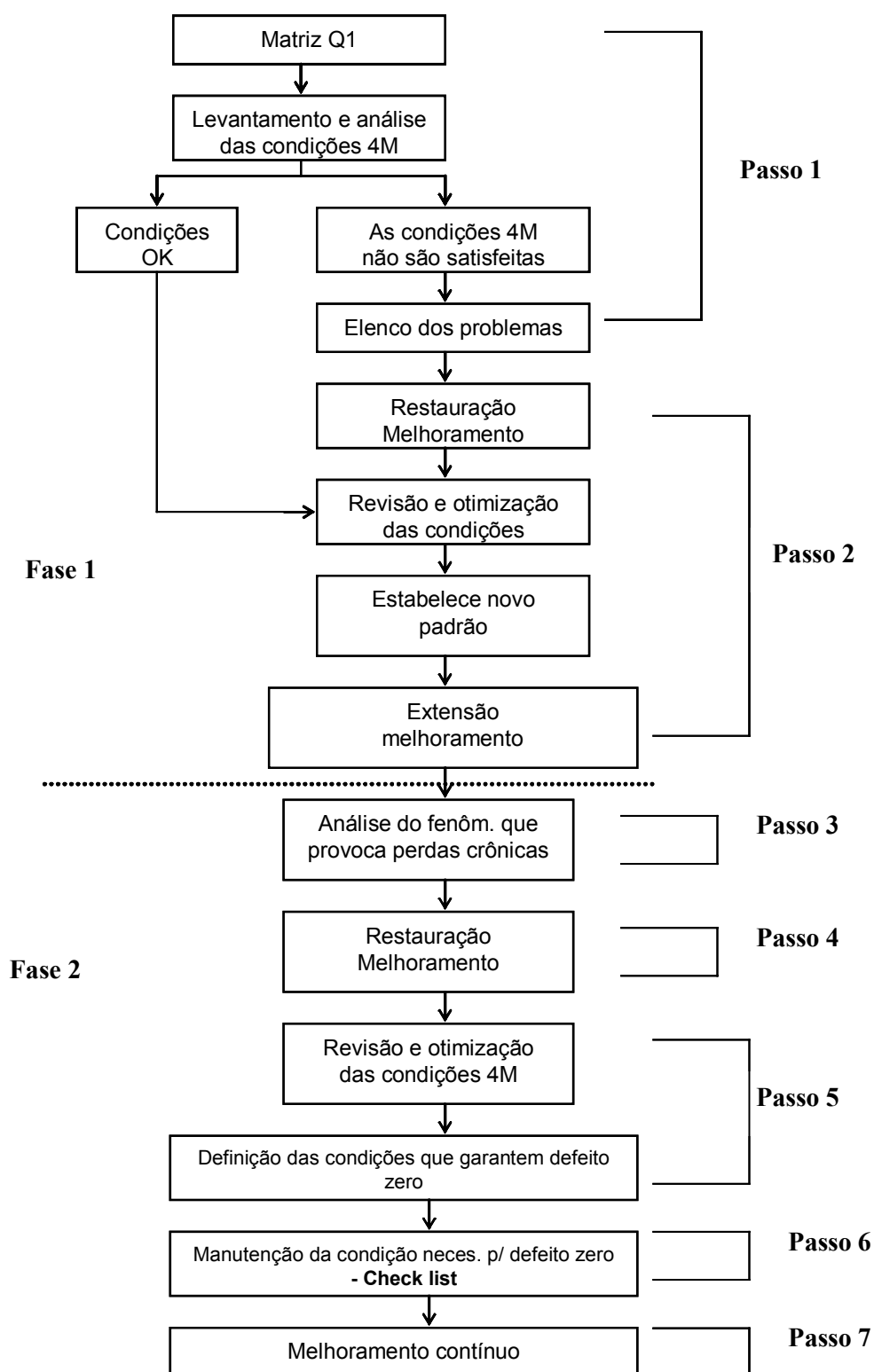



Figura 4.5 – Passos da Manutenção para a Qualidade

Fonte: Adaptação JIPM, 1996

4.3 Autonomação: um Conceito em Evolução

Apesar de haver várias afirmações no sentido de se considerar a Autonomação como um dos aspectos que distinguiram o STP, Shingo (1996) acredita que como o STP tem duas características básicas: produção com estoque zero e redução do "homem-hora", a Autonomação deveria ser vista como a primeira alternativa para, dentre outros tantos meios, atingir-se a redução do "homem-hora".

Para Shingo (1996), os grandes avanços conseguidos pela transferência das funções executadas pelo homem para as máquinas (desde a mecanização das operações essenciais com processamento ou usinagem até a mecanização das operações auxiliares, como fixação e remoção de peças nas máquinas) nada mais são do que "a mecanização das funções da mão humana".

> [...] A introdução da inteligência humana nas máquinas tornou possível a clara separação entre o trabalhador e a máquina. Essa noção, por sua vez, evoluiu até as operações multimáquinas e ajudou a elevar a produtividade humana.
>
> Quando esses avanços são combinados com a mecanização das operações auxiliares, as máquinas tornaram-se cada vez mais independentes do homem. Isso é o que levou a reduções jamais vistas nos custos de mão-de-obra através de real Autonomação." (Shingo, 1996, p. 197)

A partir dessas afirmações, pode-se notar que Shingo diverge de Ohno, Monden e Ghinato, que reconhecem a Autonomação como um verdadeiro pilar do STP. Para Shingo (1996) a pré-automação – como ele prefere chamar a Autonomação –, ao possibilitar a detecção das causas da anormalidade, permite que as máquinas processem produtos isentos de defeitos sem a exigência da constante supervisão dos operadores. Para ele, em outras palavras, a pré-automação é um poderoso instrumento de ganho de produtividade e redução de custos, o que justifica o aprofundamento desse tema.

4.3.1 Autonomação e seus Objetivos

> "O impulso inicial para a autonomação foi o desejo de desenvolver-se políticas, as quais pudessem ser implantadas a fim de evitar, antecipadamente, os problemas de qualidade. Devido ao crescimento dessas preocupações pode-se, atualmente, encontrar sistemas de autonomação total, cobrindo tudo desde ferramentas até máquinas, desde linhas até fábricas completas.
>
> Por Autonomação nos referimos a sistemas compostos por pessoas, equipamentos, linhas ou fábricas, onde se realizam controles autônomos com relação aos problemas de qualidade, volume, operações ou equipamentos. Se é descoberto qualquer problema, se outorga prioridade absoluta a sua correção, e as operações param automaticamente até que os problemas sejam resolvidos." (Takeda, 1993, p.3,4)

Como pode-se perceber, Takeda (1993) reconhecia que o objetivo inicial da Autonomação era a qualidade, porém fica bem claro pelas suas citações que este conceito evoluiu e assumiu a dimensão de um amplo e poderoso "instrumento de gestão". Por isso a implantação e utilização de um sistema autonomatizado deve partir das seguintes premissas:

- determinar como o conhecimento disponível pode ser aplicado ao posto de trabalho;
- definir e separar as condições normais das anormais;
- envolver os operadores na definição das necessidades que o sistema deve atender;
- desenvolver o sistema baseado na premissa de que ele seja barato e simples;
- ajustar o sistema autonomatizado com as demais fases do processo, no qual se pretende inseri-lo;
- implantar uma política de melhoria contínua para garantir a eficiência do sistema quanto aos custos e à rentabilidade do negócio.

Note-se que as premissas de Takeda (1993), num primeiro momento, podem parecer demasiadamente abrangentes, no entanto na seção 5.1 pretende-se mostrar como tais conceitos podem ser aprofundados de tal forma a viabilizar a introdução da Autonomação nos sistemas produtivos.

Para Takeda (1993), "autonomatizar" significa que os equipamentos farão verificações e controles autônomos que pararão o sistema no caso de anormalidade, porém a restauração da normalidade, as contramedidas para evitar a recorrência dessa anormalidade e a melhoria contínua do sistema deverão ser confiadas aos operadores.

A primeira meta da Autonomação deve ser o controle de qualidade, pois "altos níveis de qualidade no trabalho dão origem a produtos de alta qualidade", e isto deve ser um compromisso de todos, desde os executivos até os operadores. Sem esta filosofia não será possível reduzir os custos e atender à demanda de diversificação do mercado. Depois, através de detalhada análise de todas as tarefas do processo – onde os recursos de filmagem podem ser de grande valia – estabelece-se a perfeita separação do trabalho realizado pelo homem daquele realizado pela máquina. Então pode-se dizer que, para implementar-se a Autonomação nos processos produtivos com sucesso, deve-se:

- definir os fluxos do processo, do produto, de informação, do controle e das melhorias na linha, que devem estar ligadas ao fluxo global da planta;
- conectar as saídas de uma linha com as suas próprias entradas, assim como às entradas da linha seguinte;
- paralisar o processamento ao menor sinal de uma anormalidade; os operadores e a supervisão devem ter "coragem" para permitir isso.

Na opinião de Takeda (1993), para levar adiante a implementação de sistemas autonomatizados, deve-se ter claro que não basta adicionar esses novos conceitos àquilo que já se fazia na operação, pois se está falando de uma verdadeira "revolução de mentalidade" que requer um programa estruturado, persistente e gradual de modificação da realidade atual, e isso exige uma boa dose de paciência e coragem. Desta forma serão alcançados os seguintes objetivos:

1. controlar a qualidade:
   - do produto;
   - do movimento;
   - dos equipamentos;
   - das linhas;
   - das informações; e inclusive,
   - do *staff* da fábrica e administração;
2. reduzir custos por redução de mão-de-obra, pois a nova mentalidade de trabalho deve extrapolar o "chão-de-fábrica";
3. responder à demanda diversificada através da flexibilização do sistema;
4. promover os valores humanos.

No Quadro 4.1 pode-se ter uma idéia da seqüência das prioridades na introdução da Autonomação.

Quadro 4.1 – Introdução da Autonomação – uma lista de prioridades

<table>
<tr><th>Elemento / Nível</th><th colspan="2">Propósito</th><th>Categoria</th><th>Melhorias</th><th>Custo</th><th>Complexidade</th><th>Mecanismo</th></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="2">Qualidade</td><td>Fábrica</td><td rowspan="3">Melhorias do trabalho</td><td>Pequeno</td><td>Baixa</td><td>Conexões (mecanismos físicos)</td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2">Entrega</td><td>Linha</td><td rowspan="2">Médio</td><td rowspan="2">Média</td><td rowspan="2">Acionamentos mecânicos e interbloqueios</td></tr>
<tr><td>3</td><td rowspan="2">Reduzir horas M.O.</td><td>Alta redução</td><td>Processo</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Baixa redução</td><td>Ferramentas</td><td>Melhorias do equipamento</td><td>Significativo</td><td>Elevada</td><td>Interbloqueios (elétricos e eletrônicos)</td></tr>
</table>

Fonte: Adaptação Takeda, 1993, p.7.

O artigo de Hitoshi Takeda, apresentado no FMJ (1993), estabelece a seqüência de passos para a implantação de um sistema de Autonomação total, que abranja toda a fábrica, o qual parta dos aspectos de segurança, passe pelas ferramentas, máquinas e pelas linhas de processamento. O desenvolvimento de cada um desses passos, de acordo com o nível de abrangência na fábrica e a sua influência nos meios de produção, pode ser visto no Quadro 4.2. Os 24 passos previstos nessa implantação são:

1. manter a segurança, onde é desenvolvido um conjunto de mecanismos que evitam os acidentes, parando o equipamento na ocorrência de algum problema (este é considerado o passo mais importante);

2. adaptar as ferramentas conforme o processo - onde as ferramentas, comercialmente disponíveis, devem ser ajustadas exatamente ao trabalho que fazem;

3. Autonomação das ferramentas - onde as operações que estavam sendo feitas manualmente podem ser convertidas empregando pequenas máquinas elétricas pneumáticas ou similares;

4. posicionamento das ferramentas - onde é feita a alocação das ferramentas e instrumentos o mais próximo possível do local de utilização;

5. Autonomação da alimentação das ferramentas - onde é separado o trabalho realizado por ferramentas e pequenos equipamentos do trabalho dos operadores;

6. volta a posição zero - onde as ferramentas e pequenos equipamentos devem voltar a posição zero depois de completar o seu trabalho;

7. Autonomação de fixações - onde as operações manuais de fixação das peças a serem processadas são substituídas por sistemas mecânicos, hidráulicos ou pneumáticos. São muito usados os mecanismos de fixação mecânica, hidráulica e pneumática, que, associados a um Sistema *Poka Yoke,* não permitirão o início da operação no caso de qualquer problema com a fixação;

8. Autonomação das máquinas ferramentas - onde são instalados mecanismos mecânicos, hidráulicos e pneumáticos nas máquinas ferramentas para que seja impossível acionar o equipamento caso ocorra algum problema;

9. Autonomação de alimentação de máquinas - onde são utilizados mecanismos mecânicos, hidráulicos e pneumáticos em substituição à alimentação manual;

10. Autonomação das paradas - onde tanto a alimentação quanto a máquina devem parar no final da operação;

11. Autonomação da volta e posição zero do equipamento - onde, após interrompida a alimentação e concluída a operação de processamento, a máquina deve voltar à posição zero;

12. Autonomação de descarga - onde após completado o processamento, a peça deve ser descarregada através de mecanismos (são muito utilizados sistemas que usam a gravidade), desde que não haja qualquer irregularidade no produto ou processo;

13. Autonomação do transporte - onde as peças descarregadas são levadas ao processo seguinte através de mecanismos que exploram preferencialmente a força da gravidade, o movimento do próprio equipamento que acabou de processar as peças, ou se não houver nenhuma das opções anteriores, a força motriz do próprio equipamento;

14. Autonomação de medições - onde todas as peças processadas devem ser medidas de forma autonomatizada, através de dispositivos à prova de falhas (*poka yoke*), que assegurarão a separação do fluxo para aquelas peças com defeitos;

15. Autonomação da montagem de conjuntos - este é um passo considerado difícil porque requer sofisticação e as soluções podem ser custosas. Estas “autonomatizações de alto nível” poderão sinalizar quando for necessária a troca de ferramentas;

16. Autonomação da partida - neste passo deve-se ter cuidado com a segurança, pois o processo se iniciará, uma vez carregadas as peças, sem a intervenção humana;

17. usar linha em forma de U - neste passo para melhorar o fluxo de produção e responder às necessidades demandadas pela diversificação, deve-se reordenar o *layout* da planta, posicionando os processos em forma de U;

18. fluxo unitário - neste passo o fluxo deve estabelecer-se em unidades de uma peça ou conjunto;

19. marcapasso - onde devem ser criados mecanismos que permitam confirmação visual do *takt time* de cada operação que foi especificado através da folha de trabalho padrão;

> "Na Toyota, o balanceamento das operações está fundamentalmente ligado ao conceito do *takt time*. O *takt time* é o tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo, baseado na demanda do cliente. Em outras palavras, o *takt time* associa e condiciona o ritmo de produção ao ritmo de vendas. Na lógica da produção puxada pelo cliente, o fornecedor produzirá somente quando houver demanda de seu cliente. O *takt time* é dado pela seguinte fórmula:
>
> $$Takt\ time = \frac{\text{Tempo total disponível}}{\text{Demanda do cliente}};"$$
>
> (Ghinato 2000, p.38)

20. controles AB – no qual é criado um sistema de fluxo onde as peças só avançarão de A para B quando existir uma peça no processo A pronta e não existir no processo B;

21. paradas em posições fixas - neste passo serão criadas posições fixas para interromper o fluxo das linhas que tenham detectado, através dos Sistemas *Poka Yoke*, anormalidades ou defeitos, ou seja, mesmo depois de detectado o defeito, a máquina permite que o fluxo siga até aquelas posições;

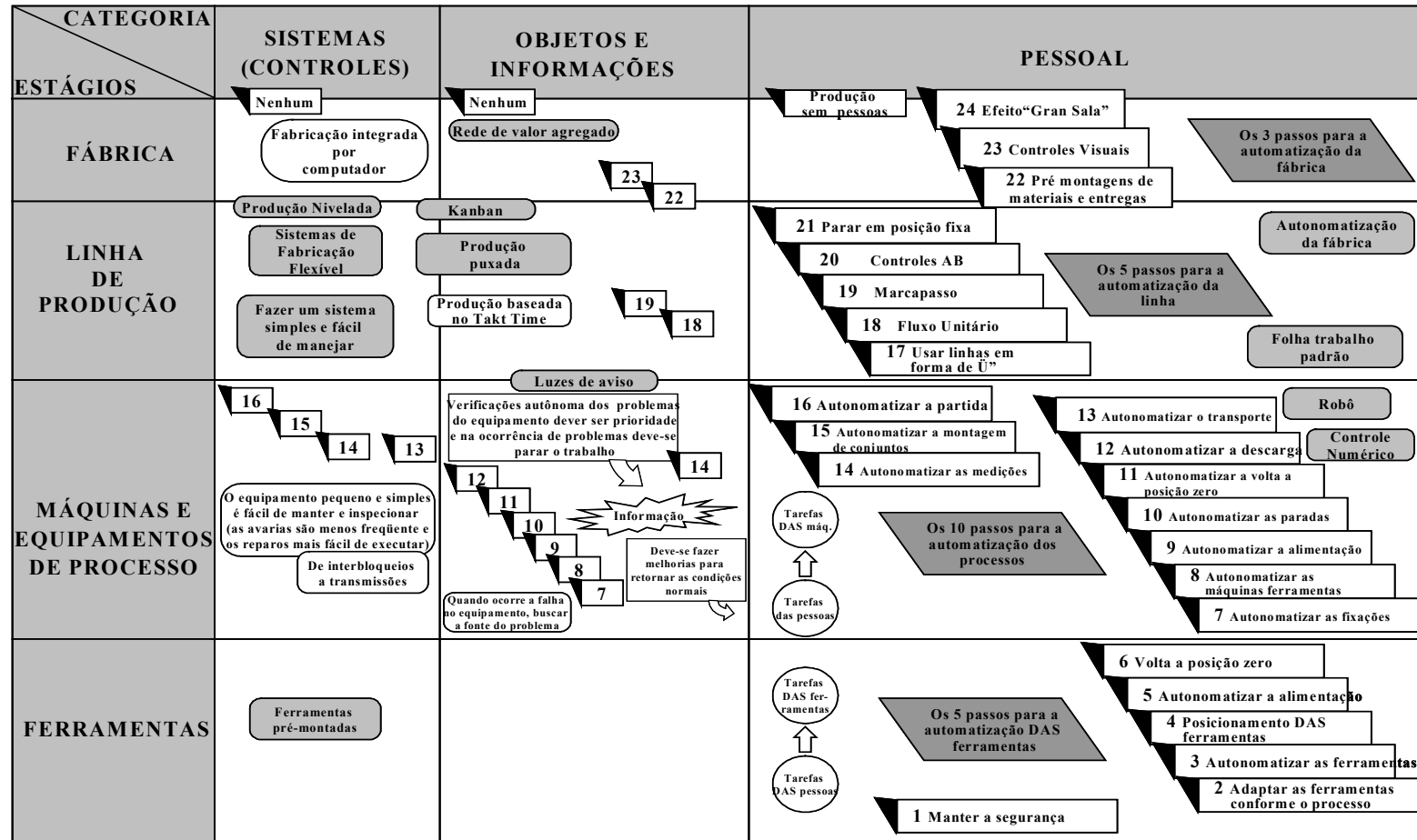
22. pré-montagem de materiais e entregas - neste passo é criada uma área de expedição diretamente conectada aos clientes. Nesta área, se são descobertos defeitos de embalagem ou omissão de materiais, imediatamente é parada a expedição, até que os problemas sejam resolvidos;

23. controles visuais - neste ponto deve ser criado um mecanismo visual que possibilita a compreensão de tudo que está acontecendo na planta, de tal forma que a qualquer momento seja possível saber o que está em ordem ou não. Lâmpadas de controle, *andons* e o sistema *kanban* com suas etiquetas visíveis são um exemplo desses controles;

24. efeito "*gran sala*" – recebe este nome por abranger toda a fábrica. É neste passo que deve ser reduzido o número de pessoas necessárias nas linhas de produção, conectando as operações fracionadas que inevitavelmente surgem em cada linha. Cria-se assim um sistema de operações conjuntas onde operários multifuncionais se deslocam entre as linhas, fazendo frações de operações que exigiriam a permanência de operários "insaturados" (mão–de-obra que não está ocupando todo o seu tempo em atividades do processo) nas linhas.

Essa seqüência estabelecida por Takeda (1993) pode, suscitar dúvidas quanto a sua coerência com os conceitos clássicos sobre Autonomação de Ohno e Shingo. Isto porque os passos 9 e 10, por exemplo, poderiam ser classificados como automação "pura". No entanto ao analisá-los com mais atenção percebe-se que a utilização de mecanismos em substituição à alimentação manual (passo 9) ou a parada "autônoma" da máquina no final da operação (passo 10), permitirão a redução da perda por espera do operador - referenciada na seção 3.4.1. Esta redução possibilitaria que o tempo perdido inicialmente fosse recuperado - dentro do limite do *takt time* - em atividades que agreguem valor. Com estas novas atividades ocorreria um crescimento das habilidades e da responsabilização do operador aumentando a sua autonomia (aspecto este, fundamental no funcionamento do *Jidoka*).

Dentro dessa mesma lógica, verifica-se que o passo 17 - usar a linha em forma de U - e o passo 24 - efeito "*gran sala*"- ao determinarem que o *layout* seja reordenado e que a dinâmica das pessoas envolvidas seja revista – o que poderia parecer uma simples melhoria de fluxos – estão, na verdade, viabilizando o *Shojinka* - flexibilização da mão-de-obra – e eliminando a perda por espera do operador. Por isso, embora concorde-se que a proposta de Takeda, por sua abrangência, ainda precise ser melhor analisada, discutida e validada, entende-se que a mesma, por representar um avanço no aprofundamento do tema Autonomação, deva ser adotada por esta pesquisa para o desenvolvimento do estudo de caso que será apresentado no capítulo 5.

Quadro 4.2 – Diagrama do Sistema de Autonomatização

Fonte: Adaptação de Takeda, 1993, p.8, 9.

O JIPM (1996) denomina a Autonomação como "Autonomação de baixo custo" (*Low Cost Autonomation* - LCA), essa aparente redundância tem a clara intenção de reforçar a necessidade de que as ações e medidas tomadas em direção à implantação daquele conceito no processo produtivo devam ter baixo custo. Isso se deve ao fato do JIPM visualizar o LCA como um poderoso instrumento para garantir o lucro frente à concorrência internacional, através da redução de custos.

Para o JIPM (1996), o LCA agrupa e potencializa armas da competitividade como qualidade e produtividade, além de capacitar o pessoal, permitindo a sua participação em um ambiente seguro e de alto moral. Essa competitividade é alcançada através da introdução de um "Sistema de Autonomação Inteligente" (IAS) – aqui há uma nova redundância com a intenção de salientar a importância da utilização de características humanas nas máquinas – permitindo a redução dos custos de produção, aumento da produtividade aumento da flexibilidade e aumento de qualidade. Esse sistema permite a definição de uma estratégia de gestão da empresa, trazendo melhoramentos imediatos, pois possibilita a inovação autônoma do ambiente de trabalho.

Para a implantação do IAS o JIPM (1996) prevê um roteiro semelhante ao proposto por Takeda no Quadro 4.2, composto por vários estágios, porém o mais importante e o primeiro a ser estabelecido deve ser o estágio dos 6 passos da segurança, a saber:

1. **garantir a segurança** - porque não deve existir uma redução de custos que não seja baseada na segurança; deve-se ter como primeiro passo da Autonomação, o conceito de que "a segurança vem acima de tudo";

2. **eliminação dos desperdícios, irregularidades e dificuldades, 3M** - pois todos os acidentes são causados por algum desperdício (*Muda*), movimento irregular (*Mura*) ou operação difícil (*Muri*);

3. **padronização das operações** - pois deve-se seguir um determinado método que vai garantir o ritmo adequado à operação para evitar os 3M;

4. **aplicação dos 6 "S"** - partindo do princípio de que "o melhor é a simplicidade", se pode definir um sistema onde o controle e as verificações de anomalias também se tornam mais simples;

5. **Autonomação inteligente** – onde, ao verificar-se uma anomalia que possa pôr em risco a segurança, todo o sistema deve parar, bloqueando a operação por intermédio de

dispositivos *poka yoke*;

6. **ambiente seguro** - eliminando completamente os pontos inseguros do ambiente no qual o processo está inserido.

Cabe aqui uma observação relativa ao 4º passo descrito acima, uma vez que, conforme *Productivity Press 1* (1996), é através da implementação dos 5 “S” que devemos iniciar o desenvolvimento das atividades de melhoramento voltadas a garantir a sobrevivência da empresa, e que os 5 “S” são definidos como Organização (*Sort/ Seiri*), Arrumação (*Set in order/ Seiton*), Limpeza (*Shine/ Seiso*), Padronização (*Standardize/ Seiketsu*) e Disciplina (*Sustain/ Sitsuke*). Porém para o JIPM (1996), além desses 5 “S” existe um 6º “S”, chamado *Shukan,* que significa a convicção e motivação com as quais devem ser aplicados os 5 “S”.

O segundo estágio, a Autonomação das aparelhagens e ferramentas, é composto de 8 passos, dos quais 5 coincidem com os passos 2, 3, 4, 5 e 6 já descritos conforme definições de Takeda (1993) e mostrados no Quadro 4.2. Sendo os 3 novos passos, os seguintes:

- **Autonomação das escolhas** - possibilitando o trabalho sem indecisões, eliminando a necessidade do operador procurar e escolher as peças, ferramentas, ou mesmo a seqüência de trabalho;
- **criação de um “*KIT*”** - organizando as ferramentas e peças do posto de trabalho e criando um *KIT* ordenado, identificado e posicionado em local pré-estabelecido;
- **parada em posição pré-fixada** - assinalando as anomalias das máquinas ferramentas através de sinais visivos e sonoros e interrompendo o processo em posição definida.

O terceiro estágio – a Autonomação dos equipamentos do processos (10 passos) – o quarto estágio – Autonomação das linhas (7 passos) – e o quinto estágio – Autonomação da fábrica (5 passos) - propostos pelo JIPM (1996), embora com uma divisão um pouco diferente, equivalem perfeitamente ao seqüenciamento dos passos 7 ao 24 no roteiro de Takeda (1993), mostrado no Quadro 4.2.

4.3.2 Autonomação e a Produtividade

Para a JIPM (1996) o percurso para aumentar a produtividade dos processos industriais é composto por 4 etapas:

1. **melhorar a eficiência da máquina** - através da redução dos desperdícios fora do ciclo de produção como perdas por *set up*, trocas e falta de materiais e quebras, ou dentro do ciclo, como perdas de velocidade, pequenas paradas e produtos defeituosos;
2. **reduzir o ciclo homem-máquina** - através do *Deployment* de Produtividade, priorizar e reduzir o NVA (Não Valor Agregado) como esperas, deslocamentos e problemas organizativos, ou do SVA (Semi Valor Agregado) como carga, descarga e acionamentos;
3. **separar o homem da máquina (Autonomação)**, através do *Deployment* LCA, analisando o ciclo das atividades do homem até o nível dos micromovimentos (2º nível), para definição das atividades críticas, relacionando-as com a análise das operações de ferramentas, aparelhagens e máquinas do processo para definir os vínculos dos equipamentos para se chegar a eliminação dos 3M: Desperdício (*Muda*), Irregularidade (*Mura*) e Dificuldade (*Muri*), transferindo as atividades do homem para a máquina;
4. **operações sem necessidade do homem** - através da automatização das operações de troca de material, controle e *set up*, garantir que o processo funcione sem acompanhamento dos operários.

Segundo o JIPM (1996), é necessário percorrer as etapas 1, 2, e 3 para a autonomatização das operações de ferramentas e equipamentos do processo, e para isso deve-se utilizar o Deployment LCA, o qual inicia com o Deployment de Produtividade que é um instrumento que permite uma análise da proporção de VA, SVA, NVA na aplicação da mão-de-obra em cada máquina e processo da fábrica, que tem como objetivo priorizar o ataque as perdas de mão-de-obra através do seguinte critério:

(nº de operadores) x (% VA + % SVA) = Potencial de recuperação de mão-de-obra

Com isso obtém-se um gráfico de Pareto ordenado conforme o potencial de recuperação de mão-de-obra no processo. Depois as operações do processo, apontadas como prioritárias pelo Pareto, são divididas em elementos de 1º nível, como por exemplo,

posicionar a peça para processamento, e os de 2º nível, usando o mesmo exemplo: movimentar o braço direito para pegar a peça, agarrar a peça, deslocar a peça até a posição, e finalmente encaixar no ponto de processamento.

Para Hirano (1990), ao analisar-se as operações manuais, deve-se perguntar: “o que a mão direita do operador está fazendo?” A seguir “o que a mão esquerda do operador está fazendo?” “e os pés...?” Depois deve-se perguntar: “Como podemos deixar a mão direita dele livre?” E “como podemos deixar a mão esquerda dele livre?” E assim por diante, desta forma vai-se reduzindo gradualmente o trabalho do homem e aumentando o da máquina, atingindo assim a primeira função do *Jidoka*, que é a separação do trabalho humano do trabalho da máquina.

Para cada elemento de 1º e 2º nível é feita uma análise de tempos e métodos e sua classificação por tipo de atividade (processo, transporte/ deslocamento, verificação e espera/ demora). A partir daí os elementos de 2º nível serão otimizados e/ou autonomatizados, através da Análise LCA que prevê a utilização de ferramentas como o 5W +1H, 5 Porquês, ECRS, e o Roteiro do JIPM (1996) para implantação do IAS, apresentado nesta seção. Uma visão geral do funcionamento da Análise LCA por ser vista na Fig. 4.6, salienta-se, no entanto que um maior detalhamento de todo o Deployment LCA será mostrado no Capítulo 5.

O JIPM (1996) recomenda que o registro das ações desenvolvidas a partir da otimização/ autonomatização das atividades devam ser feitos em OPL (*One Point Lesson*). A OPL é um documento que se baseia no princípio de que “uma boa imagem vale por mil palavras”, tendo como objetivo principal: transferir e documentar experiências e conhecimentos de tal forma que sejam facilmente entendidos por todos, principalmente pelos operários, que poderão usá-los como referências no desenvolvimento de outros trabalhos no chão-de-fábrica, difundindo seu conteúdo entre as APGs. E para isso a OPL deve conter:

- a descrição da situação anterior, feita através de um pequeno texto e uma gravura auto-explicativa;
- a descrição da melhoria proposta, onde também deve-se demonstrar, através de desenhos auto-explicativos, as soluções encontradas para o problema em análise, além de um sucinto texto;
- os resultados obtidos devem ficar bem explicitados e claros;
- a identificação do processo ou máquina onde foi aplicada;

- a data e o seu número seqüencial;
- a identificação do seu tipo (conhecimentos de base, exemplos de soluções de problemas ou exemplos de melhorias).

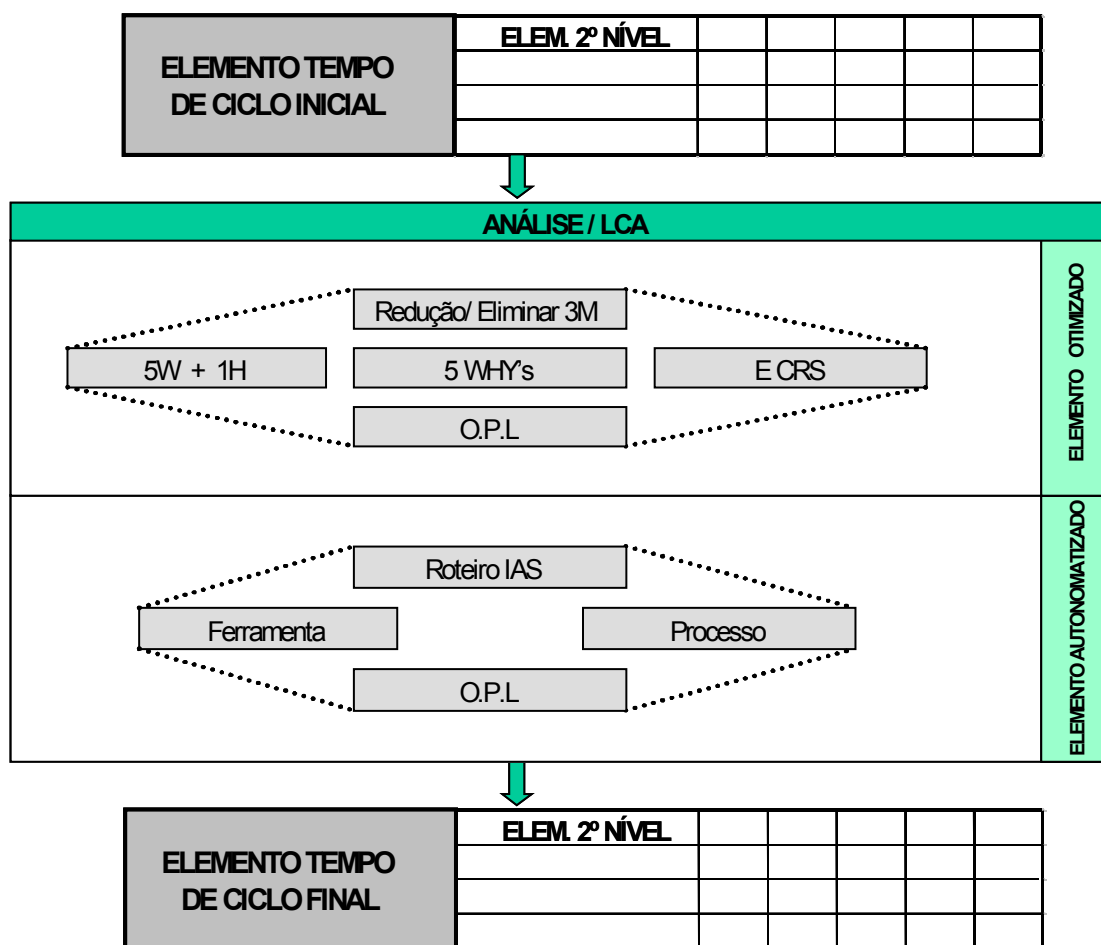



Figura 4.6 – Análise LCA

Fonte: JIPM, 1996

4.4 As Novas “Habilidades”, Responsabilização com Autoridade e a Máquina-Modelo

> “Qual a relação entre *Just-InTime* e a automação com um toque humano, os dois pilares do Sistema Toyota de Produção? Utilizando a analogia de um time de beisebol, a Autonomação corresponde à habilidade e ao talento dos jogadores individuais, ao passo que o *Just-In-Time* é o trabalho da equipe envolvida em atingir um objetivo pré-estabelecido.” (Ohno, 1997, p.29)

A analogia de Ohno chama a atenção para um aspecto fundamental da Autonomação, a necessidade do desenvolvimento de novas habilidades individuais (*skills*) em todos os níveis da organização para a sua implantação: dos diretores e gerentes, passando pelos supervisores e especialistas chegando ao nível de operários.

Para Womack *et al*. (1992), simplesmente mexer nos organogramas da empresa para “mostrar” equipes e introduzir círculos de qualidade, só para se dizer que a empresa tem meios para melhorar os processos de produção “dificilmente fará grande diferença”. A grande “reação” dos trabalhadores só ocorrerá quando existir um senso de compromisso mútuo, onde a gerência tem a capacidade de valorizar os trabalhadores qualificados e está propensa a delegar responsabilidades às equipes, fazendo sacrifícios para mantê-las.

Numa fábrica “genuinamente enxuta” deve haver a transferência do máximo de tarefas e responsabilidades para os trabalhadores que realmente agregam valor ao produto e também devem existir sistemas de detecção de defeitos que rapidamente relacionem qualquer problema com a sua causa. Ou seja, fica claro que deve existir uma relação muito forte entre a Autonomação e a delegação de responsabilidades aos níveis operativos.

> “[...] Concordamos com o parecer de que um sistema de produção enxuta bem organizado de fato remove todas as folgas: exatamente por isso ele é enxuto. Contudo, ele dota os trabalhadores de qualificações necessárias para terem o controle sobre o ambiente de trabalho e enfrentarem o desafio contínuo de fazer o trabalho funcionar mais tranqüilamente. Enquanto a fábrica de produção em massa costuma estar cheia de trabalhos entorpecedores da mente e causadores de *stress* – com seus operários lutando com difíceis tarefas de montagem e incapazes de melhorar seu ambiente – a produção enxuta oferece uma tensão criativa, fornecendo aos trabalhadores vários meios de abordarem os desafios. Esta tensão criativa na solução de complexos problemas é precisamente o que separava o trabalho manual do trabalho “mental” especializado, na era da produção em massa.” (Womack *et al*.,1992, p. 91-92)

Morris *et al*. (1997) chama de *empowerment o* reconhecimento do valor dos funcionários e a delegação aos mesmos de suficiente poder de decisão e responsabilidade para que possam desempenhar suas tarefas e resolver sozinhos os problemas, trazendo entre outras vantagens a viabilização do trabalho em equipe.

Para se chegar a esse completo desenvolvimento, é preciso ir além da motivação e interrelacionar três elementos para que esta “ferramenta funcione”: motivação (intrínseca), auto-percepção – que é a compreensão do papel de cada funcionário na implementação e sustentação da melhoria contínua da qualidade - e a capacidade para empregar técnicas de tomada de decisão.

Segundo Bowen, citado por Slack (1997), *empowerment* é mais do que autonomia, significa dar às pessoas a habilidade e a autoridade para que possam mudar o seu trabalho assim como o método empregado para desempenhá-lo. Esse processo teria três níveis evolutivos:

- **envolvimento de sugestão** - onde o pessoal não teria total autonomia para implementar mudanças em seus trabalhos, mas poderia contribuir com todas as sugestões que julgasse convenientes;
- **envolvimento do trabalho** - onde, embora ainda existam limitações na forma como cada indivíduo vai promover as melhorias e mudanças, neste nível o pessoal pode reprojetar os seus trabalhos;
- **alto envolvimento** - “significa envolver todo o pessoal na direção estratégica e desempenho de toda a organização”.

Como foi visto no capítulo 3, no desdobramento das perdas, através do *Deployment* de Custos, chega-se aos pontos do processo onde as mesmas são mais significativas e onde existem os maiores potenciais de recuperação. Nesses pontos, que devido à metodologia serão sempre equipamentos específicos do processo, o JIPM (1995) recomenda que sejam instituídas as máquinas-modelo, que nada mais são do que áreas piloto onde serão implantados os projetos de recuperação de todas as perdas prioritárias a serem encaminhadas, conforme o tipo, aos grupos multifuncionais de melhoria.

Salienta-se que, independentemente das perdas a serem atacadas, sempre deverá existir um grupo base de manutenção autônoma em toda a máquina-modelo, uma vez que além da sua participação no andamento e coordenação dos trabalhos de melhoria, será de sua responsabilidade a manutenção futura dos resultados. Desta forma pode-se dizer que a máquina-modelo é um poderoso instrumento de responsabilização com delegação de autoridade (*empowerment*).

5 ESTUDO DE CASO

Inúmeras tentativas de copiar o sistema de produção japonês vêm sendo praticadas há décadas. A própria General Motors, a maior companhia do mundo, tem tentado compreender aquela forma de produzir e "absorver" suas metodologias desde os anos 70. Essa necessidade de descobrir o "segredo japonês" levou a GM a assinar em 1983 um contrato de *joint venture* com a Toyota, no qual a companhia japonesa se comprometia a reabrir a fábrica de Freemont, Califórnia, que deveria voltar a operar com o Sistema Toyota de Produção, eliminando, assim, os problemas de produtividade, qualidade, flexibilidade e de aspectos humanos que forçaram o seu fechamento em 1982.

Conforme Womack *et Al.* (1992), essa "nova" fábrica chamada NUMMI *(New United Motor Manufacturing*) já em 1986 apresentava resultados surpreendentes, pois com a mesma força de trabalho conseguiu dobrar a produtividade da fábrica original, tendo os seus níveis de qualidade quase alcançado os da fábrica de Takaoka (Toyota – Japão) e as relações industriais melhorado significativamente, a ponto de o absenteísmo ter caído da faixa de 20% para meros 3 a 4%.

No entanto, apesar desse trabalho conjunto com a Toyota ter alcançado resultados fabulosos muito rapidamente, a tão almejada transferência de *know-how* não aconteceu da mesma forma, e uma prova disso é que as "vantagens" da NUMMI, que passaram a ser *benchmark* da companhia, só atingiram um razoável grau de difusão nas outras fábricas da GM a partir de meados da década de 90. Acredita-se, portanto, que ainda devam existir outros vínculos, que a simples compreensão e aprendizado do sistema de produção enxuta não logra quebrar:

> "[...] a *joint-venture* NUMMI resultou num extraordinário sucesso. Entretanto, transferir as lições aprendidas para a vasta organização da General Motors mostrou-se um trabalho difícil. O problema fundamental é o fato de a transição de produção em massa para a produção enxuta mudar a tarefa de cada trabalhador e de cada gerente. Ainda mais, não havendo crescimento do mercado, muitos empregos são eliminados. Como a GM não encarou uma crise nos anos 80, nem encontrou qualquer oportunidade de crescimento, ela simplesmente não foi capaz de responder à altura o desafio." (Womack *et al*.,1992, p.234)

Como pode-se perceber, Womack *et al*. (1992) acredita que a forte mudança na forma de gestão da produção, exigida na produção enxuta, é a principal causa das dificuldades de sua difusão no ocidente. Analisando mais a fundo esta questão percebe-se que o papel dos gerentes – os responsáveis por fazer a ligação entre os objetivos da empresa, suas estratégias e

a sua eficácia operacional – deve ser reestruturado de tal forma que parte de suas atribuições clássicas desçam a pirâmide hierárquica e sejam transferidas ao nível operacional.

Então, o mínimo que se pode imaginar é que isso exigiria uma nova estratégia de gestão, que se desdobraria numa nova abordagem de gerenciamento e que faria as ligações entre os objetivos do negócio, suas estratégias e os métodos indicados para permitir o atingimento da eficácia operacional que sustentaria todo este sistema.

No entanto, o que se percebe é que boa parte das tentativas de se introduzir o "sistema japonês" ficaram restritas, pelo menos num primeiro momento, quer seja por falta do completo entendimento do funcionamento do sistema de produção enxuta ou das inter-relações entre os seus elementos, quer seja por apresentarem-se como cópias incompletas e desconectadas de alguns dos seus elementos principais como a redução de estoques, *kanban, CCQs, TPM,* etc.

Mesmo depois, quando passou-se a buscar a compreensão da produção enxuta como um sistema de gestão completo e abrangente, não se verificou, pelo menos dentro do ponto de vista desta pesquisa bibliográfica, nenhum relato sobre a necessidade de relacionar a missão, os objetivos, estratégias de negócio ou de gestão com o novo sistema a ser implantado, a fim de garantir a sua melhor adequação e sucesso.

Para Porter *et al.*(1999) "as empresas japonesas raramente têm estratégias", pois no seu entender as suas vantagens competitivas, estabelecidas desde a década de 70, se devem a uma "revolução" na eficácia operacional devido à introdução de prática pioneira como a gestão da qualidade total e melhoria contínua, que lhes renderam, durante muitos anos, vantagens de custo e qualidade.

A maior parte dessas empresas apenas imitam e emulam suas rivais, oferecendo quase, se não exatamente, a mesma variedade de produtos, características e serviços. Além disso, têm configurações fabris muito semelhantes. Para Porter *et al*. (1999), a eficácia operacional tem que estar embasada na estratégia, para não correr-se os riscos evidentes do "estilo japonês de competição", uma vez que com a inevitável e crescente redução da "distância na eficácia operacional" entre as concorrentes, as referidas empresas "se vêem cada vez mais emaranhadas numa armadilha de própria confecção".

Segundo Porter *et al*. (1999), apenas a eficácia operacional não é suficiente para garantir uma posição perenemente vantajosa na competição, pois as empresas, devido à prática do *benchmarking* e a tendência dos rivais emularem uns aos outros na melhoria da qualidade, nas reduções dos ciclos e nas parcerias com fornecedores, fazem com que as estratégias tornem-se convergentes "e a competição se transforme numa série de corridas ao longo das mesmas trajetórias, em que ninguém ganha o grande prêmio".

> "Após décadas de ganhos impressionantes na eficácia operacional, muitas empresas estão enfrentando retornos decrescentes. A melhoria contínua foi incutida nos cérebros dos gerentes. Mas, de modo inadvertido, as ferramentas estão arrastando as empresas em direção à imitação e à homogeneidade. Gradualmente, os gerentes permitiram que a eficácia operacional suplantasse a estratégia. O resultado é uma competição de soma zero, com preços estáticos ou declinantes e pressões de custo que comprometem a capacidade das empresas de investir no longo prazo.
>
> A estratégia se alicerça na exclusividade das atividades. O lema da estratégia competitiva é ser diferente. Significa escolher, de forma deliberada, um conjunto diferente de atividades para proporcionar um *mix* único de valores.[...]" (Porter *et al*., 1999, p. 52)

Como pode-se perceber Porter *et al*.(1999) acreditam que as notórias vantagens da produção enxuta, geradas a partir da eficácia operacional, não seriam auto-sustentáveis a longo prazo, a menos que exista uma ligação clara entre a estratégia da empresa e as suas ações operacionais. Por isso entende-se que, mesmo sem entrar no mérito da discussão sobre se as empresas japonesas têm ou não uma estratégia ou se poderiam manter a sua vantagem por tempo indeterminado, alguns fatos merecem destaque:

- a produção enxuta é um sistema exitoso;
- a eliminação das perdas é uma necessidade, independentemente do sistema produtivo;
- a Autonomação é uma forma de gestão que "prepara" a empresa para enfrentar os campos da competição;
- a adoção de estratégias competitivas é reconhecidamente o caminho inevitável das organizações;
- a função produção é um recurso estratégico vital dentro da busca de estratégias competitivas.

Por isso, neste capítulo será apresentada uma abordagem estruturada, que relaciona o contexto competitivo, os objetivos do negócio, as estratégias e as ações que buscam a eficácia operacional da empresa, pois entende-se que se for possível aplicar os conceitos da produção enxuta, devidamente orientados pelas melhores estratégias competitivas, teremos um sistema de produção eficaz que fornecerá à companhia, as armas para o enfrentamento competitivo. Para isso, será descrito um caso de aplicação dessa abordagem, partindo da estratégia do negócio e estendendo-se até a definição das modificações e melhorias do processo garantidoras da eficácia operacional que respaldará aquelas estratégias competitivas.

5.1 A Abordagem Proposta

Este trabalho baseia-se na premissa de que qualquer ação dentro da empresa na busca da competitividade deve ser norteada pelas forças que "governam" a competição no setor em que a mesma está inserida. E que, se esta quer influenciar e buscar um novo e favorável equilíbrio dessas forças deve, além de fazer com que as suas capacidades sirvam como a melhor defesa, adotar estratégias competitivas apropriadas.

Essas estratégias, segundo Fensterseifer (1999), podem ter vários enfoques e objetivos conforme o seu nível de abrangência dentro da cadeia de valor da companhia, ou seja, pode abranger toda a corporação (estratégia corporativa) ou apenas uma função dessa cadeia (estratégia funcional). Algumas dessas funções, embora representem apenas uma parte da empresa, poderão ter significativa e até imprescindível participação no posicionamento estratégico dela, como é o caso da área de produção.

Também conhecida como tática ou política funcional, a estratégia funcional segundo Fensterseifer (1999) define como cada função vai dar suporte à vantagem competitiva desejada. No caso da função produção, a estratégia funcional definirá como serão conseguidas as armas competitivas que garantirão essa vantagem, sendo importante salientar que da correta escolha dessa estratégia dependerá muitas vezes a sobrevivência do próprio negócio, como é o caso em estudo, que será apresentado a seguir, onde um erro nessa escolha fatalmente excluirá a companhia do segmento de pneus convencionais para caminhão.

Para que isso não aconteça, a referida estratégia deverá proporcionar à empresa a possibilidade de utilizar ao máximo o “potencial” da função produção, para assim desequilibrar as forças competitivas em seu favor, ou seja, deverá reduzir/ eliminar as perdas embutidas nos processos de produtivos, transformando-as em valor que influencie as cinco forças definidas pelo modelo de Porter *et al.*(1999) – concorrência, fornecedores, clientes, novos entrantes e produtos substitutos.

Após a revisão bibliográfica, apresentada na primeira parte desta pesquisa, pode-se afirmar que a adoção dos princípios da Produção Enxuta possibilita a recuperação contínua e gradual de todo o potencial de valor dos processos produtivos através da eliminação das perdas.

Essa mesma revisão permitiu também uma releitura dos conceitos e objetivos da Autonomação, os quais tiveram origem no tear auto-ativado de Sakichi Toyoda – onde existia um simples mecanismo que impedia que a máquina fosse acionada no caso de uma anomalia - e que evoluíram posteriormente, permitindo ao operário de um processo produtivo assegurar a qualidade dos produtos sob sua responsabilidade, usando para isso inclusive Sistemas *Poka Yoke*.

Pode-se dizer que a Autonomação, pela sua própria proposta de ter o ser humano como elemento essencial, quer seja pela utilização efetiva do homem ou das características deste (inteligência) na sua lógica de funcionamento, continua evoluindo, podendo ser considerada hoje como “uma nova forma de produzir” na qual se pode garantir a qualidade, não só do produto, mas do movimento, equipamentos, linhas, informações e da própria administração; pode-se também reduzir custos de mão-de-obra, potencializar a flexibilidade dos processos produtivos e promover os valores humanos.

Por isso propõe-se adotar este conceito “evoluído” da Autonomação como a base de uma estratégia funcional que possibilite a viabilização competitiva de um processo e produto maduros, como é o caso dos pneus convencionais para caminhão, em oposição à tendência já consagrada de se adotar nesses casos a produção em massa e a economia de escala. Na Fig. 5.1 será apresentado o modelo dessa abordagem.

Os passos a serem seguidos para o estabelecimento dessa estratégia funcional baseada na autonomação e na eliminação das perdas, a qual vai potencializar as armas competitivas no processo produtivo através da eliminação das perdas são:

- com base nas forças competitivas, definir as prioridades competitivas da empresa
- com base nas prioridades definidas, estabelecer as armas competitivas que serão responsabilidade da produção;
- elaborar o *Deployment* de Custos localizando as perdas prioritárias;
- com base nas perdas prioritárias, definir as máquinas-modelo e instalar os grupos de trabalho de manutenção autônoma (APGs);
- elaborar os *deployments* (Q,C,D,H) de acordo com as prioridades competitivas e com as perdas mais significativas de cada máquina-modelo;
- definir os grupos e as metodologias a serem usadas para o ataque às perdas prioritárias (aquelas que terão maior peso nas prioridades competitivas);
- estabelecer e implementar as ações de melhorias, conforme proposição das APGs;
- avaliar o custo-benefício de cada ação de melhoria;
- registrar ações de melhoria comprovadamente eficazes e com custo-benefício adequado (contra-medidas) através das OPLs;
- iniciar plano de extensões das contra-medidas para as máquinas processos similares;
- estabelecer novo patamar de custos;
- revisar prioridades competitivas.

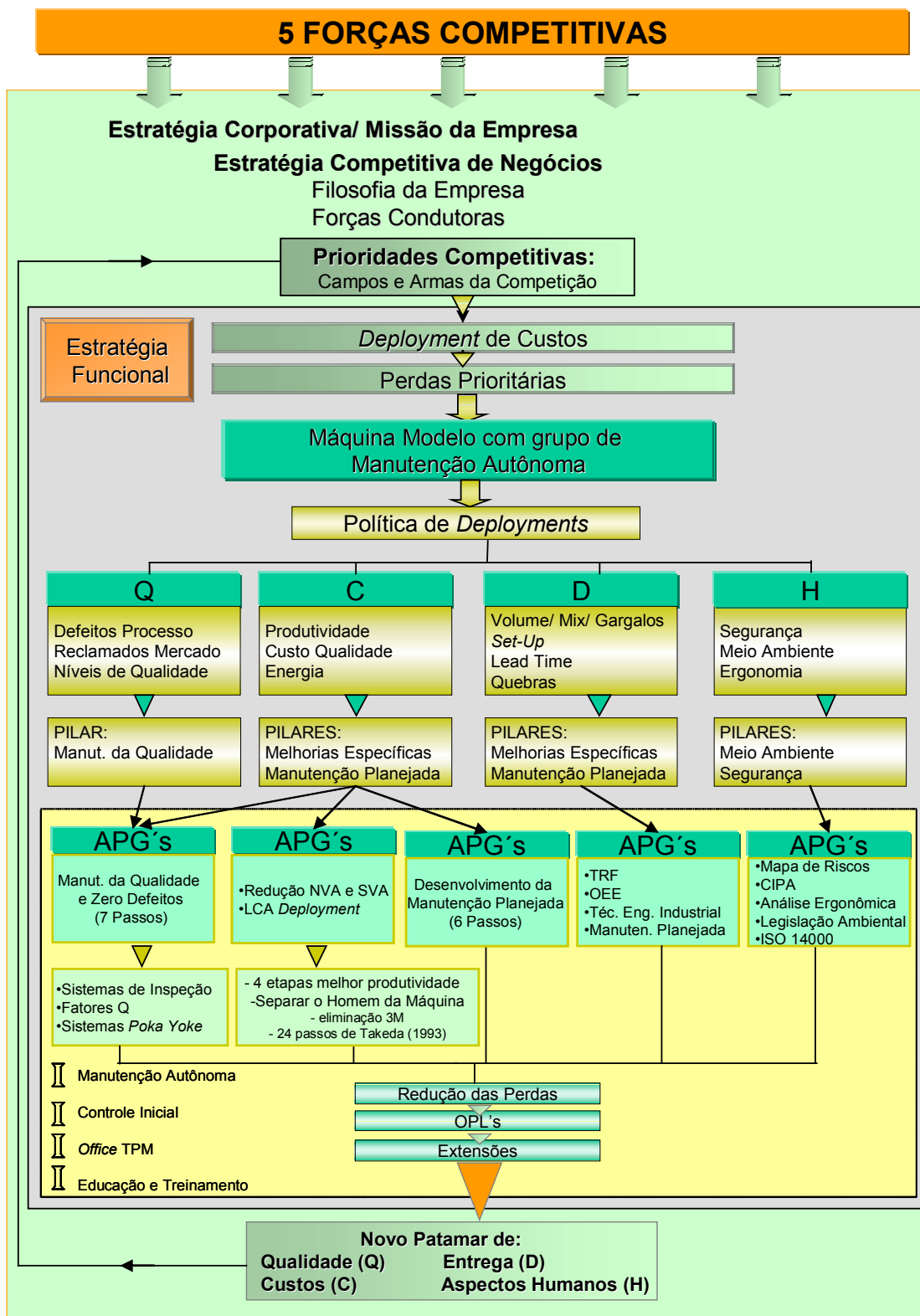



Figura 5.1 – Proposta de uma abordagem estruturada para alcançar a competitividade através de eliminação das perdas.

5.2 A Indústria e a Empresa

A indústria brasileira de pneumáticos produz em torno de 800.000 toneladas por ano com um faturamento de aproximadamente U$ 3,5 Bilhões por ano, tendo como principais fabricantes a Goodyear, Pirelli, Bridgestone, Firestone e Michelin, todas empresas transnacionais de origem americana, italiana, nipo-americana e francesa, respectivamente.

Este trabalho foi desenvolvido na Pirelli Pneus S.A., responsável por cerca de 30% dos pneus nacionais, tendo em operação 05 plantas industriais nos Estados da Bahia (1), São Paulo (3) e Rio Grande do Sul (1), que produzem pneus radiais e convencionais, fornecendo toda a gama de produtos requeridos pelo parque automotivo brasileiro, empregando em torno de 6.000 funcionários, faturando em torno de U$ 1 Bilhão por ano e atendendo às montadoras (equipamento original) e ao mercado de revenda. A mesma opera através de unidades de negócios (*Business*), que são divididas por linhas de produtos e segmentos de mercado. Tais unidades compartilham várias áreas da cadeia de valores, bem como as plantas industriais.

5.2.1 A Competição no Setor

A concorrência no setor depende muito do tipo de produto, da sua prestação e do mercado a que se destina, mas pode-se dizer em grande linhas que a competição se estabelece nos seguintes campos:

- para os pneus radiais *high performance* para automóveis e caminhões os campos de competição são o produto, a imagem da marca e a inovação do produto;
- para os pneus radiais de baixa prestação para automóveis e caminhões os campos de competição são preço, inovação do produto e disponibilidade de entrega (para os pneus de caminhões também é importante o produto e a marca);
- para pneus de motocicletas radiais e convencionais os campos de competição são principalmente a imagem da marca e produto, para o caso dos pneus de baixa prestação (até 125 c.c.) a competição se centra no preço e na disponibilidade do produto no mercado;

- para pneus das linhas agrícolas o mais importante são o produto e a assistência técnica;
- finalmente para os pneus convencionais, para caminhão e camionetas, por serem produtos maduros tendendo ao declínio, a concorrência acontece basicamente em termos de preço e disponibilidade do produto para entrega.

5.2.2 O Produto e o Processo

Escolheu-se o processo de fabricação dos pneus convencionais de caminhão, pertencente ao *Business Truck*, para a elaboração deste trabalho por ser este um segmento bastante significativo dentro da indústria brasileira de pneumáticos. Embora exista uma clara tendência desse produto ser substituído, a médio prazo, pelos pneus radiais, ele ainda representa aproximadamente 10% (em peso) de todo o volume de pneus produzidos no Brasil.

Essa substituição dá-se como uma decorrência natural da radialização do mercado mundial de pneus, fenômeno ligado à evolução dos veículos e principalmente das estradas, pois a utilização do pneu radial exige estradas pavimentadas e em boas condições. No entanto, como sabe-se que a perspectiva de melhora a curto e médio prazo da rede de estradas do Brasil, e principalmente de toda a América Latina, é bastante remota, prevê-se uma sobrevida considerável para esse produto.

Os pneus convencionais para caminhão são considerados produtos maduros, pois:

- os compradores tendem a escolher entre as marcas na repetição das compras, e o mercado tem comportamento de massa;
- existe alta padronização, baixa diferenciação dos produtos ofertados e nível qualitativo mínimo aceitável;
- as mudanças no produto são pouco freqüentes e visam ampliar o seu ciclo de vida;
- existe uma razoável supercapacidade produtiva que é agravada pela sazonalidade do mercado;
- a exportação se restringe à América Latina ou mercados com características parecidas, como África, Oriente Médio, etc.;

- o preço é um fator qualificador mínimo para participar do mercado e em função disso existe uma forte pressão para redução de custos e manutenção das margens.

Este estudo de caso foi aplicado na Planta de Gravataí – RS, que possui uma área construída de aproximadamente 100.000 m^2 e produz 200 ton/dia de pneus de caminhões, camionetas, veículos para agricultura, veículos industriais, motocicletas, ciclomotores, *scooters* e bicicletas, empregando atualmente cerca de 1.100 funcionários horistas, ligados às atividades de produção, qualidade e manutenção, e mais 70 funcionários mensalistas, que executam as atividades administrativas e de coordenação.

Nessa planta funcionam 3 mini-fábricas: UPMS, que processa as matérias-primas, UPMV, que fabrica pneus para veículos de até duas rodas e UPA ou Unidade Produtiva Auto, responsável pela produção dos pneus convencionais de camioneta, agricultura e caminhão, sendo que estes últimos representam 40% do volume total da planta e são fabricados em um processo com as seguintes características:

- o ambiente de manufatura é do tipo repetitivo e intermitente podendo ser classificado como processo tipo A, segundo a tipologia V-A-T proposta por Umble (1992);
- o atendimento à demanda se enquadrando como produção para estoques (*make-to-stock*);
- os equipamentos, em sua maioria são de procedência americana, têm uma idade média de aproximadamente 25 anos, sendo que as máquinas mais antigas (vulcanizadores) têm mais de 45 anos;
- a estrutura de pessoal é bastante enxuta, operando com três níveis hierárquicos: gerência, supervisão e operadores, sendo dentro do último grupo escolhidos os gestores (pessoas com capacidade de liderança que vão coordenar os módulos de produção e os times de trabalho, mas sem ascendência hierárquica sobre os demais operadores);
- os componentes do pneu (rodagem, lonas, frisos, flancos e reforços) são recebidos na Unidade Produtiva, que processa as matérias-primas, e que está localizada na mesma planta; são montados na área da confecção para compor as carcaças (pneus não vulcanizados);

- as carcaças são pintadas com solução anti-aderente, conformadas e vulcanizadas na área de vulcanização e finalmente encaminhadas ao setor de acabamento e inspeção final.

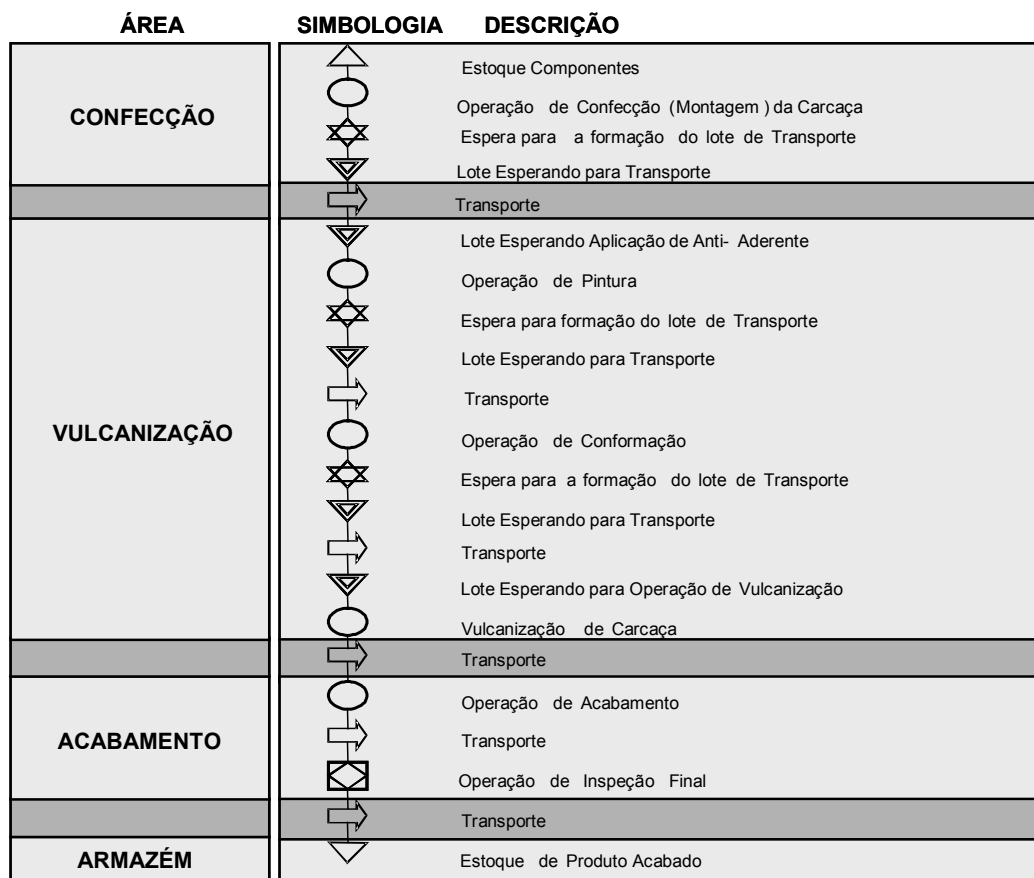



Figura 5.2 – Fluxograma do processo de fabricação dos pneus convencionais de caminhão

5.3 O Caso

Como foi visto anteriormente, o produto e o processo, focos deste trabalho, podem ser classificados como maduros, tendendo ao declínio. No entanto, espera-se ainda uma razoável sobrevida para os mesmos, indicativamente 10 anos, nos quais as margens de contribuição, apesar de se reduzirem, poderão garantir a atratividade do negócio, desde de que forem feitas as escolhas corretas com relação às estratégias competitivas.

Analisando de maneira sucinta os prováveis comportamentos das forças competitivas nesse mesmo período, notar-se-á que a **concorrência** tenderá a aumentar, pois o mercado está se reduzindo de tamanho e a disputa deverá acontecer da seguinte forma:

- redução muito forte do número de concorrentes que tentarão amortizar suas instalações, sem investir em novos equipamentos;
- os fabricantes concentrarão e especializarão algumas plantas/ unidades produtivas, que farão *up-gradings* nos equipamentos existentes na busca da automatização das operações, para reduzir os custos de mão-de-obra;
- haverá uma tendência da utilização do sistema de fabricação em massa e economia de escala para garantir as margens;
- existe a possibilidade da importação de pneus crescer toda a vez que a moeda nacional estiver valorizada frente à moeda americana;
- os principais campos da competição continuarão sendo o preço e a disponibilidade do produto, só que estes serão fatores qualificadores de participação do mercado. A performance do produto, bem como os aspectos visuais, passarão a ser fatores ganhadores de pedido.

Quanto aos **fornecedores**, não são previstas grandes alterações no quadro existente hoje, a saber:

- número limitado e os mesmos da concorrência;
- negociações dependerão bastante dos volumes e de possíveis parcerias;
- fontes asiáticas continuarão sendo vantajosas, porém o câmbio é fator determinante;
- qualidade dos fornecedores nacionais deve aumentar.

Quanto aos **produtos substitutos**, são previstos os seguintes eventos:

- aceleração do processo de radialização;
- o número de veículos novos que saem de fábrica com pneu convencional (equipamento original) deverá reduzir-se, o que prejudica muito o mercado de revenda;

- o pneu radial tenderá a ser o substituto, porque a diferença de preço para com o pneu convencional tende a cair, o seu *design* é mais moderno, é produzido com aparelhagens mais novas, o que lhe confere um melhor aspecto visual, e o mesmo deverá evoluir muito tecnologicamente, o que fatalmente diminuirá as suas restrições de uso em estradas mal pavimentadas;
- o pneu convencional não deverá receber fortes inovações, seja de *design*, de materiais ou tecnológicas.

No que diz respeito a **novos entrantes**, pode-se dizer:

- sendo um produto maduro tendendo ao declínio, não haverá muitos interessados em ingressar no setor;
- existe a possibilidade da tercerização dessa atividade (sistema *off take*), inclusive já havendo alguns casos onde grandes companhias repassam o maquinário, as especificações do produto, bem como o *know-how* para as empresas menores (com menor custo operacional).

Com relação aos **clientes**, são previstas mudanças fortes no comportamento do comprador, a saber:

- como o mercado do equipamento original, já pequeno, vai reduzir-se mais ainda, ao repor o pneu do seu veículo, o comprador buscará vantagens sensíveis para optar pelo pneu convencional;
- o comprador exigirá maior *performance* do pneu convencional (pois usa como parâmetro o pneu radial, que é tecnologicamente mais avançado), como maior rendimento quilométrico, maior número de recauchutagens (o que implica em maior integridade da carcaça), segurança (veículos trafegam com velocidades e cargas cada vez maiores), aspectos visuais e estéticos do produto (isentos de defeitos de aspecto);
- apesar disso, o cliente vai querer pagar menos para abrir mão do uso do pneu radial.

Evidentemente, para enfrentar esse panorama, a empresa possui uma adequada abordagem estratégica, a qual pretende-se descrever para que seja contextualizado este caso. No entanto, salienta-se que, devido ao seu caráter confidencial, só poderá ser apresentado um

resumo qualitativo dos posicionamentos estratégicos da companhia sobre o negócio de pneus convencionais de caminhão. Entende-se, porém, que tal resumo seja suficiente para garantir a perfeita compreensão das prioridades competitivas que vão orientar toda a abordagem de redução de perdas e aumento da competitividade, objeto deste trabalho.

A missão da Pirelli Pneus S.A. é **"tornar-se a organização mais competitiva na América do Sul em relação a quaisquer outros fabricantes de pneus, sejam sul americanos ou de outras partes do mundo"**, e para isso a empresa mantém como seu *core business*, a atuação na pesquisa e desenvolvimento, fabricação e comercialização de pneumáticos para atender o parque automotivo nacional, utilizando para isso recursos preferencialmente locais, baseando, preponderantemente, sua estratégia no compartilhamento de atividades das suas unidades de negócio.

A empresa acredita que todos os colaboradores podem e devem participar do processo de criação de valores da organização, através de atividades, crenças e comportamentos que fazem parte de sua filosofia, a saber:

- **foco no cliente**, significa atender às necessidades do cliente, considerando o impacto das próprias ações diante do mercado competitivo e, para que isso aconteça, deve haver a compreensão do cenário competitivo e da posição da companhia no mercado, bem como a visão do próprio trabalho com "os olhos" do cliente;
- **responsabilidade e foco nos resultados**, significa direcionar as próprias ações na busca do resultado final, através do envolvimento pessoal, de um cuidadoso planejamento e do acompanhamento constante dos resultados; para que isso aconteça, o tempo deve ser usado de modo eficaz, tomando-se as iniciativas para garantir a realização das ações;
- **integração**, significa que as iniciativas individuais devem estar integradas a um objetivo comum, mantendo o foco no processo, disponibilizando as informações a quem possa usá-las adequadamente, aproveitando a aprendizagem existente e usando mais a influência e a persuasão do que o poder;
- **transparência**, significa ser aberto e honesto a respeito das próprias idéias e dos resultados, favorecendo a troca de informações, expressando opiniões sem medo e compartilhando o que faz, o que sabe e o que aprende;

- **velocidade**, significa chegar na frente do concorrente, antecipar-se às solicitações, reagindo rapidamente às mudanças e cumprindo os prazos e metas;
- **inovação**, significa olhar com atenção para o dia a dia, buscando melhorar sempre, apresentando soluções criativas, pesquisando novas formas de realizar velhas coisas, assumindo riscos e vendo nos erros uma oportunidade de aprendizagem;
- **excelência profissional**, significa ter a competência como base para fortalecimento do trabalho, das pessoas e dos valores, assumindo responsabilidades com coerência e competência, utilizando dados concretos e análises técnicas nas tomadas de decisão na busca da excelência na execução das atividades e solução de problemas.

Com relação as *driving forces*, pode-se dizer que a empresa é orientada para o mercado do qual quer manter-se líder, e para isso estabelece sua estratégia competitiva de negócio na sua capacidade de antecipar-se e influenciar nas mudanças das forças competitivas do seu setor, estabelecendo um padrão de crescimento que garanta a produção de uma gama mais completa de produtos que a concorrência, para atender tanto às montadoras como ao mercado de revenda. Nos processos de produção utiliza o TPM (*Total Productive Management*) como opção de gerenciamento, visando a eliminação das perdas e *empowerment* dos seus colaboradores.

Quanto às prioridades competitivas, pode-se dizer que os campos de competição serão os seguintes:

- **o preço**, que tenderá a reduzir-se relativamente ao produto substituto, reduzindo também as margens;
- **a disponibilidade** de uma gama completa de produtos será um fator qualificador importante, pois o cliente tenderá a escolher entre as marcas disponíveis na repetição das compras;
- **a qualidade do produto** que garanta a performance de prestação (ênfase ao rendimento quilométrico e número de recauchutagens) e os aspectos visuais, os quais serão fundamentais para garantir a colocação dos pedidos, principalmente nos frotistas (Companhias de transporte de cargas ou passageiros que possuem sistemas de manutenção que controlam o comportamento dos pneus de seus veículos);

Evidentemente que para o enfrentamento competitivo daqueles campos, a empresa tem que definir também as armas com as quais vai obter as vantagens sobre a concorrência, ou seja, as ações de melhoria que deverão ser promovidas no processo produtivo, a saber:

- **redução dos custos de fabricação**, que será obtida através da redução contínua das perdas no processo de fabricação até a sua completa eliminação. Essa redução de custos possibilitará ao setor de vendas promover descontos que manterão a vantagem de preço do pneu convencional em relação ao pneu radial, além de qualificar a participação da marca numa faixa de preços competitiva com relação à concorrência. Salienta-se que a localização dessas perdas, bem como a definição das prioridades de ataque para a sua eliminação, serão definidas na seção 5.3.1 quando apresentar-se o *Deployment* de Custos;
- **melhoria nos níveis qualitativos**, que será obtida através da modificação dos sistemas de inspeção existentes, dando ênfase à utilização da inspeção 100% na fonte e dos Sistemas *Poka Yoke*. Isso será melhor demonstrado quando forem aplicados os 7 passos para a Manutenção da Qualidade e Zero Defeitos;
- **entrega garantida**, que, por uma decisão da empresa, será obtida através da manutenção de um estoque de proteção do mercado (*make to stock*). Evidentemente que tal decisão é circunstancial e deverá ser alterada à medida que o peso dessa perda (estoque de proteção) passe a ser significativo. Salienta-se, porém, que vários trabalhos para a melhoria da flexibilidade, visando a preparação do processo produtivo para esse novo período, já foram realizados, mas os mesmos não serão apresentados por não fazerem parte do escopo desta pesquisa.

Conforme já visto na seção 5.1, uma vez definidas as prioridades competitivas, deve-se então estabelecer a estratégia funcional, baseada na Autonomação e na eliminação das perdas do processo produtivo em estudo.

Por isso, após priorizadas e localizadas as referidas perdas através do *Deployment* de Custos, as APGs, apoiadas pelos pilares/ metodologias, vão "atacar" essas perdas nas máquinas-modelo. Esses "ensaios modelo" culminam com um plano de ações comprovadamente eficaz (as ações devem ser oficializadas através das OPLs), e uma vez concluída a fase "protótipo" da máquina-modelo, avaliam-se os ganhos e os investimentos com os respectivos *pay backs* e parte-se para o plano de extensões das contra-medidas no grupo de máquinas similares, ampliando-se assim a escala de redução das perdas.

Desta forma será estabelecido um novo patamar de qualidade, custos, produtividade, capacidade de entrega, flexibilidade e aspectos humanos de todo o processo. Finalmente, a partir deste novo patamar de redução de perdas, pode-se reiniciar toda a análise através de um novo *Deployment* de Custos e/ ou redefinindo as prioridades competitivas. É importante salientar que, conforme o JIPM (1995), a base do desenvolvimento de uma máquina-modelo deve ser o respectivo grupo de manutenção autônoma. (Na seção 5.3.2 serão descritos os passos para tal implantação).

5.3.1 O Deployment de Custos

O primeiro passo de uma estratégia que pretende eliminar as perdas dos processos produtivos deve ser, necessariamente, a localização dessas perdas bem como a determinação da intensidade e do peso de cada uma delas no custo total de fabricação. Por isso este trabalho propõe a utilização da ferramenta *Deployment* de Custos para esse fim, entendendo que esta, além de fornecer as informações acima descritas, já encaminha também as possíveis abordagens metodológicas para o ataque das APGs.

Então, para garantir a compreensão do caso em estudo, será apresentado o *Deployment* de Custos para o processo de fabricação de pneus convencionais para caminhão, conforme Quadro 5.1 e 5.2. Salienta-se que, para garantir a confidencialidade inerente ao referido *deployment*, o mesmo será apresentado com as seguintes restrições:

- a análise qualitativa inicial não será apresentada por conter informações de outros processos que não são foco deste trabalho;
- não serão apresentados os custos reais de fabricação ou das perdas;
- a análise quantitativa (matrizes A, B, C, D e E) será apresentada na forma condensada, usando os valores percentuais de cada custo/ perda com base no custo total de fabricação dos pneus convencionais para caminhão (INDEX BASE 100);
- os itens de custo, as perdas e os equipamentos serão apresentados por grupos macro sem o detalhamento usado no documento original;
- a matriz F, por conter os planos de ações e os respectivos recursos que serão utilizados para a sua execução, será substituída por um elenco simplificado, com exemplos genéricos de contra-medidas.

Apesar disso, entende-se que a compreensão e a coerência lógica da abordagem proposta está assegurada.

Quadro 5.1 – Matrizes A, B, C.

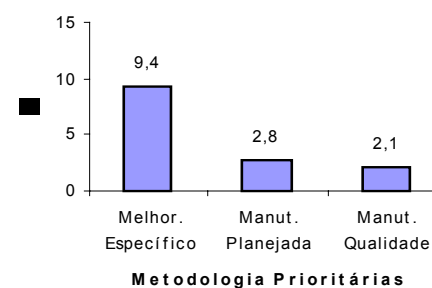
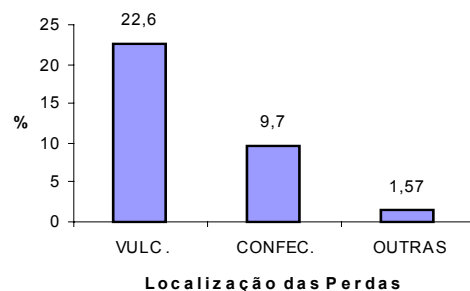
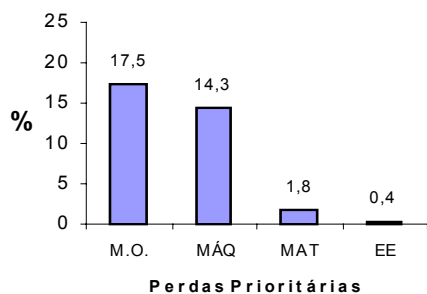
A

	ITENS DE CUSTOS VARIÁVEIS						
	MÃO-DE-OBRA	MANU-TENÇÃO	MATERIAIS INDIRETOS	CUSTO DA NÃO QUALIDADE	ENERGIA	Peso sobre Custo Total (%)	Potencial de Recupe-ração (%)
Peso do item no Custo Total (%)	50	19	8	9	14		
PERDAS							
Perdas da Máquina -Quebras -Set up -Aciclos -Refugos (defeit.) -Redução Veloc.	21	14	0	9,5	2	14,3	45
Perdas da Mão-de-Obra -SVA/NVA -Rendimento -Ref./ Repouso	35					17,5	40
Perdas de Materiais (>especificado)			8	13		1,8	38
Perdas de Energia -Vapor, E.E., Água e Ar					3	0,4	50
Peso Total das Perdas no Ítem de Custo (%)	56	14	8	22,5	5		
Peso das Perdas no Custo Total	28	2,6	0,60	2,1	0,7	34	

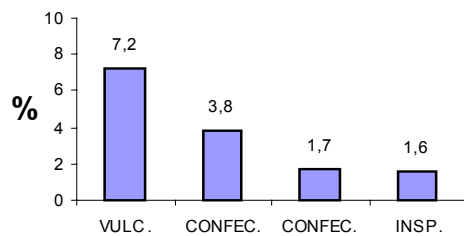
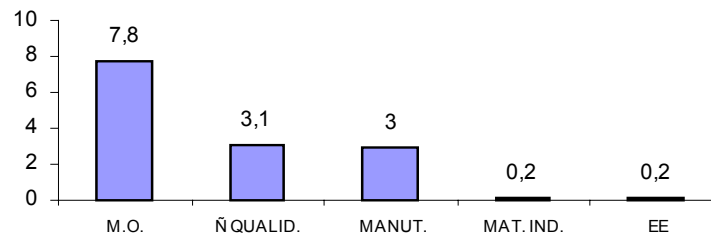
B

	EQUIPAMENTOS/ÁREAS		
	CONFECCIO-NADORAS	VULCANI-ZADORES	OUTRAS
Peso do Custo do Equip. no Custo Total (%)	44	47	9
Perdas da Máquina	12	17,5	0
Perdas da Mão-de-Obra	10	25,5	17,5
Perdas de Materiais	0	4	0
Perdas de Energia		1	
Peso Total do Potencial de Recuperação/ Equipamento (%)	22	48	17,5
Peso do Potencial de Recuperação/ Equipa-mento no Custo Total (%)	9,7	22,6	1,57

C

	PILARES/KNOW HOW									
	MELHORAMENTO FOCALIZADO					MANUTENÇÃO PLANEJADA		MANUTENÇÃO DA QUALIDADE		
	Peso do Potencial de Recuperação no Custo Total (%)	Redução Quebras	Redução Defeitos	Técnicas Enga. Industrial	4 Etapas p/ Melhora-mento Produtivi-dade	Peso do Potencial de Recuperação no Custo Total (%)	6 Passos Manutenção Planejada	Peso do Potencial de Recuperação no Custo Total (%)	7 Passos Manutenção da Qualidade	
Perdas da Máquina	2,4	X	X	X		2,6	X	1,4	X	
Perdas da Mão-de-Obra	7				X					
Perdas de Materiais								0,7	X	
Perdas de Energia						0,2	X			
Peso do Potencial de Recuperação de cada Pilar no Custo Total (%)	9,4					2,8		2,1		14,3

Quadro 5.2 – Matrizes D, E.

D	EQUIPAMENTOS			
KNOW HOW	CONFECCIONADORA	INSPEÇÃO FINAL	CONFORMADOR E CABINE PINTURA	VULCANIZADORES
Redução de Quebras	0,1	0	0,1	0,2
Redução de Defeitos	0,4	0	0,2	0,6
Técnicas Enga. Industrial	0,3	0	0,1	0,4
Melhoramento Produtividade (4 etapas)	1,3	1,5	0,8	3,4
6 Passos Manut. Planejada	1	0	0,2	1,6
7 Passos Manutenção Qualidade e Zero Defeitos	0,7	0,1	0,3	1
Potencial de Recuperação (% sobre Custo Total)	3,8	1,6	1,7	7,2

E	ITENS DE CUSTOS VARIÁVEIS				
M.O.	MANUTENÇÃO	MATERIAIS INDIRETOS	CUSTA DA NÃO QUALIDADE	ENERGIA	
0	0,4				
0			1,2		
0,8					
7					
0	2,6			0,2	
0		0,2	1,9		
7,8	3	0,2	3,1	0,2	14,3

Potencial de Recuperação/ Equipamento/ Know How

Potencial de Recuperação/ Item de Custo/ Know How

A análise dos resultados do *Deployment* de Custos do processo de fabricação dos pneus convencionais para caminhão permite salientar que:

- as perdas atingem a surpreendente parcela de 34% do custo total de fabricação;
- as perdas de mão-de-obra e máquina são as mais significativas (17,5% e 14,3% do custo total de fabricação respectivamente);
- é na área de vulcanização que reside o maior potencial de recuperação dessas perdas (7,2% do custo total de fabricação);
- esse mesmo potencial de recuperação concentra-se na mão-de-obra, no custo de não qualidade e na manutenção da área de vulcanização;
- para que sejam atacadas as perdas e recuperado o potencial identificado acima, devem ser usadas as metodologias de Melhorias Específicas, Manutenção Planejada e Manutenção da Qualidade;
- uma vez definidas as prioridades, pode-se passar à definição das máquinas modelo, salientando-se que apesar de terem emergido desse *Deployment* de Custos mais de uma máquina com potencial significativo de recuperação de perdas, este trabalho por questão de simplificação didática se restringirá a apresentar apenas a análise da máquina prioritária.

5.3.2 A Máquina-Modelo e o Grupo de Manutenção Autônoma

A máquina escolhida como máquina-modelo será um equipamento da área de vulcanização, que através do detalhamento dos *deployments* específicos (Produtividade, Quebras, Reclamações de mercado, Refugos, Volume, *Set up*, etc.), vier a apresentar o pior comportamento de todo o grupo de vulcanizadores existentes no processo. Evidentemente que a importância de cada um desses *deployments* dependerá das prioridades competitivas definidas anteriormente, a saber:

- como uma das prioridades é a **redução dos custos de fabricação** e, tendo em vista que a mão-de-obra representa 50% desse custo, o *Deployment* de Produtividade e os grupos de trabalho para atacar e reduzir as perdas da mão-de-obra serão fundamentais;

- como é necessária a **melhoria nos níveis qualitativos**, os *deployments* de Reclamações de mercado, Refugos e níveis qualitativos, bem como os grupos de trabalho para aplicar os 7 Passos da Manutenção para a Qualidade e Zero Defeitos, deverão ser utilizados no desenvolvimento dessa máquina-modelo;

- e por fim, a **entrega garantida** também poderá ser assegurada com os grupos de trabalho que através dos *deployments* de Quebras, *Set up*, OEE, Volume, etc., poderão aumentar a flexibilidade da máquina-modelo.

Salienta-se que o desenvolvimento completo dessa máquina-modelo exigiria o aprofundamento desses três aspectos: redução das perdas de mão-de-obra, melhoria dos níveis qualitativos e aumento da flexibilidade. No entanto, por uma decisão estratégica da Empresa – conforme já descrito na seção 5.2.2 - a garantia de entrega será assegurada através do estoque de proteção do mercado, desta maneira pode-se dizer que a busca do aumento da flexibilidade desse processo não será prioridade no momento e, por isso, este trabalho se concentrará em mostrar os ataques e redução das perdas que possibilitarão o aumento da produtividade da mão-de-obra e a melhoria dos níveis qualitativos do produto.

Conforme foi visto na seção 5.3, para implantar-se essa máquina-modelo deve-se, primeiramente, estabelecer um grupo de trabalho composto pelos operadores da área de vulcanização, o qual deverá – apoiado pelo respectivo Pilar - implantar os 7 passos da manutenção autônoma na máquina-modelo, a saber:

- **1. limpeza inicial**, desenvolvida através das técnicas de 5 S, onde são identificadas as anomalias e as necessidades de melhoria (cada ponto da máquina onde haverá essas intervenções deverá ser identificado com uma etiqueta) e é estabelecido o padrão provisório de limpeza.

- **2. contramedidas**, onde são propostas e executadas as modificações identificadas no primeiro passo, as quais visam melhorar o acesso de inspeção, limpeza e manutenção, eliminando as fontes de sujeira e riscos para a segurança;

- **3. lubrificação**, onde os operadores recebem conhecimento sobre: tipos de óleos e suas aplicações e conceitos de viscosidade, rugosidade, fricção e dissipação de calor. Nesse passo é estabelecido o padrão provisório de lubrificação;

- **4. inspeção geral**, onde são estabelecidos os *check lists* que permitirão ao operador realizar a inspeção do seu posto de trabalho para assegurar a qualidade (pontos Q), segurança e o bom funcionamento dos componentes da máquina;
- **5. inspeção autônoma**, onde são unificados e racionalizados os padrões de limpeza/ lubrificação e os *check lists*, e o operador é preparado para começar a diagnosticar as anomalias mais complexas da sua máquina;
- **6. assegurar a qualidade**, onde os operadores conhecem profundamente a relação entre o comportamento e performance da sua máquina, com o nível de qualidade do produto que a mesma executa;
- **7. gerenciamento autônomo**, onde os operadores conseguem reparar o seu equipamento.

5.3.3 Os Ataques Prioritários

Conforme foi visto anteriormente, o preço é um dos importantes campos da competição no negócio de pneus convencionais de caminhão. Foi dito também que esse campo será enfrentado com a redução das perdas do processo de fabricação e a conseqüente redução dos seus custos.

Por outro lado, o *Deployment* de Custos mostrou que a mão-de-obra é o item de custo mais significativo (50% do custo total) e também aquele que apresenta o maior nível de perda (17,5% do custo total), tendo, inclusive, o potencial de recuperação mais elevado (7,8% do custo total), o qual se concentra na área de vulcanização.

Desta forma pode-se dizer que o aumento da produtividade da mão-de-obra é uma prioridade que passa a ser vital para o sucesso competitivo do negócio em estudo. Por esse motivo, este trabalho propõe a implementação de um grupo de trabalho na máquina-modelo que, apoiado metodologicamente pelo pilar de Melhoramento Específico, deverá aplicar o 2º e 3º passos do percurso proposto pelo JIPM (1996) na seção 4.3.2 para aumentar a produtividade, ou seja, deverá reduzir o ciclo homem-máquina, usando para isso o *Deployment* de Produtividade e técnicas de engenharia industrial, e também separar o homem da máquina com o *Deployment LCA*.

Como o *Deployment* de Custo mostrou a necessidade de se atacar as perdas responsáveis pela redução da OEE da máquina, como quebras, *set up* e defeituosos, que representam 14,3% do custo total de fabricação, grupos de trabalho (APGs) específicos deverão ser implantados na máquina-modelo a fim de recuperar as referidas perdas e assim aumentar a OEE da máquina modelo. Para isso prevê-se:

- a implantação de um grupo de quebras, apoiado pelos pilares Melhoramento Específico e Manutenção Planejada, trabalhando em estreita colaboração com o grupo de manutenção autônoma, que, ao reduzir o nível de quebras do equipamento estará **melhorando a eficiência de máquina** e assim desenvolvendo a primeira etapa proposta pelo JIPM (1996) para aumentar a produtividade. Salienta-se, porém, que tal trabalho não será apresentado neste estudo de caso;

- embora existam perdas por *set up*, estas não são significativas porque, como já foi demonstrado na seção 5.3, o sistema de produção será protegido das demandas de mercado por um estoque, por isso não será necessária, a implantação de uma APG para melhorar os *set ups* da máquina modelo;

- como a geração de defeituosos no processo provoca o aumento dos custos de fabricação e principalmente contrapõe-se à necessidade de **melhoria dos níveis qualitativos**, deverá ser implantado na máquina-modelo um grupo específico de trabalho que, apoiado pelo pilares Melhoramentos Específicos e Manutenção da Qualidade, deverá implantar, conforme o JIPM (1996), os “7 Passos para a Manutenção da Qualidade e Zero Defeitos” e assim potencializar uma das armas ganhadoras de pedido.

5.3.3.1 Melhoria dos Níveis Qualitativos

Conforme foi visto na Seção 4.2.5, o JIPM (1996) estabelece os 7 passos da Manutenção para a Qualidade (Fig. 4.5). Embora admita-se que esse roteiro mostre-se bastante adequado para permitir a busca do nível de Zero Defeitos, no entender desta pesquisa, a abordagem do JIPM (1996) não é muito clara no que diz respeito à manutenção da condição necessária para Zero Defeito, isso porque:

- não explicita a busca preferencial da introdução do Sistema de Inspeção na Fonte, mediante prévia análise de viabilidade técnica e econômica;
- não salienta a importância da associação do sistema de inspeção escolhido com Sistemas *Poka Yoke*, a fim de garantir a condição Zero Defeito.

Nesse sentido, este trabalho propõe as seguintes adequações no roteiro do JIPM (1996):

- a utilização do questionário para análise das condições Zero Defeitos da Matriz Q2 Definitiva, o qual será apresentado nesta seção, para priorizar a utilização de Sistemas *Poka Yoke* em associação com os sistemas de inspeção;

- explicitação da necessidade da implantação, do Sistema de Inspeção 100% na Fonte, de forma preferencial e associado a Sistemas P*oka Yoke*, sempre que viável técnica e economicamente;

- associação dos referidos Sistemas P*oka Yoke* aos Fatores Q definidos pela Matriz Q2 Definitiva.

Além disso, entende-se também que deveria ficar mais claro que o ataque às possíveis perdas crônicas, proposto nos passos 3 e 4 da Fig. 4.5, depende da relevância desse tipo de perda no problema em análise. Na Fig. 5.3, pode-se ver a sistemática do JIPM (1996), já com essas adequações, a qual, salienta-se, será usada no presente estudo de caso.

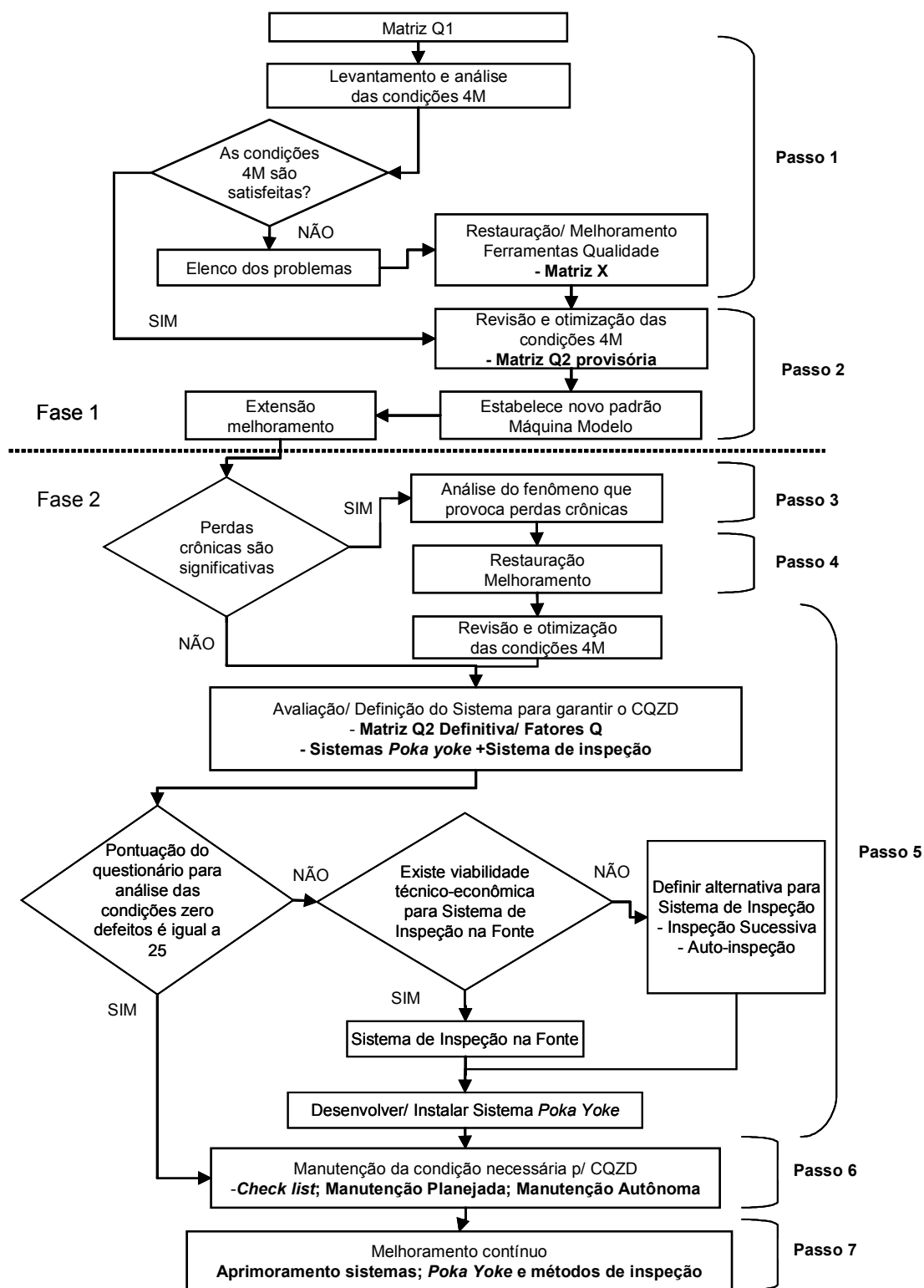



Figura 5.3 – Passos para melhoria dos níveis qualitativos com adequações propostas pela pesquisa

A Fase 1 do roteiro proposto na Fig. 5.3 destina-se a definir, restaurar e melhorar os padrões atuais.

Passo 1 - Definição dos padrões atuais, através da Matriz Q1, apresentada no Quadro 5.3, a qual analisa o elenco dos defeitos e sua incidência (em PPMs), constatados nos relatórios estatísticos, provenientes do controle estatístico do processo (CEP), dos relatórios da inspeção final e de relatórios de reclamações do mercado. Desta forma, e por simplificação didática, foram selecionados apenas os 5 principais defeitos ocorridos durante o processo em análise. Por motivos de confidencialidade industrial, tais defeitos não foram especificados, mas apenas identificados genericamente pelo seu código: D10, D11, D4, D1 e D6. Salienta-se que a mecânica de montagem da Matriz Q1 deve ser a seguinte:

- reunir um grupo de operários experientes e conhecedores do processo, que possam quantificar a influência dos 4 M (Máquina, Método, Mão-de-obra e Material), na geração de cada defeito, usando, para isso, o seguinte critério: para uma forte influência atribuir 8 pontos, para uma média influência atribuir 5 pontos e, finalmente, 2 pontos se a influência for baixa;
- calcular a soma da coluna de incidências de cada defeito (linhas “a”): 787 + 720 + ... + 83 = 2293 (linha “c”);
- calcular a soma dos pontos atribuídos à influência dos 4M na geração de cada defeito, usando como exemplo o defeito D10, tem-se: (8) + (5) = 13;
- calcular o peso de cada defeito (base 1000), no grupo de defeitos selecionados; usando, como exemplo, o defeito D10, tem-se:

  2293 – 1000

  787 – X ⇒ X ≅ 340 ‰ (linha “b”);
- calcular a correção da influência atribuída a cada “M”, na base 1000. Uma vez que atribuiu-se 8 pontos à influência da máquina, e 5 pontos à influência da mão-de-obra na geração do defeito D10, totalizando 13 pontos, tem-se:

  13 – 340

  8 – Y ⇒ Y ≅ 209 para a máquina (linha “b” do D10)

  e, 13 – 340

  5 – Y ⇒ Y ≅ 131 para a mão-de-obra (linha “b” do D10);

- finalmente, para estabelecer as prioridades, somam-se os pesos base-1000 de todas as colunas.

Quadro 5.3 – Matriz Q1, resumida para o processo de fabricação dos pneus convencionais de caminhão

Defeitos		Incidência conforme Relatório Estatístico	ÁREA												TOTAL
			VULCANIZAÇÃO				CONFECÇÃO				OUTRAS				
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
D10	a	787 PPM	8		5										**13**
	b	340‰	209		131										
D11	a	720 PPM	8		8	2					8				**26**
	b	310‰	95		95	25					95				
D4	a	586 PPM	2	2			8					5	5		**22**
	b	250‰	23	23			90					57	57		
D1	a	117 PPM			5			8	5						**18**
	b	50‰			14			22	14						
D6	a	83 PPM					5	8	5	2					**20**
	b	35‰					9	13	9	4					
TOTAL	c	**2293 PPM**													
	d		**327**	**23**	**240**	**25**	**99**	**35**	**23**	**4**	**95**	**57**	**57**	**-**	

1 = Máquina 2 = Método 3 = Mão-de-Obra 4 = Material

Então, a partir da Matriz Q1, pode-se constatar que a área de maior influência na geração de defeito é a vulcanização, onde o maior problema é a máquina (peso 327), que gera o defeito D10 (peso 340), o qual também é influenciado, embora com menor peso, pela mão-de-obra (peso 131). Como o defeito D10 é o mais significativo, doravante o mesmo será usado para ilustrar este exemplo de aplicação dos passos da manutenção para a qualidade.

Passo 2 - Restaurar e melhorar os padrões, como as condições 4 M não estão sendo satisfeitas, deve-se, através das ferramentas para a qualidade, analisar as causas do defeito D10, e, então, estabelecer o plano de ação. Salienta-se que se deve dar preferência às ferramentas de aplicação mais simples possíveis, pois as APGs devem ter domínio do seu uso; no caso, a utilização do 5 Porquês mostrou-se bastante adequada. No Quadro 5.4 pode-se ver a análise, através do 5 Porquês, do defeito D10.

Quadro 5.4 – 5 Porquês, para estabelecer as ações, que evitarão a geração do defeito D10.

PORQUE	PORQUE	PORQUE	PORQUE	PORQUE	AÇÕES
- Temperatura Insuficiente	- Queda Pressão Vapor	-Vazamento na Linha de Vapor	- Mangueira Furada	- Peças Reposição Fora Especificação	- Desenvolver Fornecedor com Qualidade Assegurada
			- Conexões Vazando	-Vedações Desgastadas	- Rever Programa Preventivo - Alterar Material de Vedação (Teflon)
		- Problema Válvula Controle	- Falta Lubrificação Ar de Controle	- Lubrificador Desregulado -Filtro Danificado	- Icluir Ítens no Check List da Manutenção Autônoma
			-Desgastes na Sede		-Rever Sistemática Preventiva
		- Problema Controlador de Ciclo	- Controlador Descalibrado		-Rever Freqüência Calibragem -Plano Substituição Gradativa por CLP
-Problema com Aparelhagem	- Molde Sujo	- Não Cumprimento Plano Lavagem	- Falta Mão-de-Obra - Atraso Plano de Trocas		- Rever Programa de Lavagem
		-Impurezas	Não cumprimento programa inspeção do molde pela equipe	Molde não retornou para prateleira	- Inspeção Prévia pelo Operador
	- Molde Desgastado	- Dano Causado por Acidente -Problema com Insertos	-Erro Montagem		- Inspeção Regular pelo Operador - Inspeção Regular pela Equipe Preparação - Inspeção Produto (1o. Pneu)
	- Respiro Entupido	- Excesso Desmoldante	- Erro Operador - Desregulagem Pistolas		- Desenvolver Dosador de Solução Automático
-Estampagem Irregular	- Carcaça Mal Posicionada	- Carregamento Irregular	- Carcaça Descentrada	- Erro Operador	- Treinamento Operadores
				- Dificuldade de Manuseio	- Modificar Sistema de Carregamento - Inspeção Regular (Check List)
	-Conformação Irregular	- Problema no Pré-Conformador	- Pressão Irregular no Pré-Conformador	- Controle Manual - Descalibragem do Regulador de Pressão	- Modificar Sistema de Controle da Conformação

Pode-se notar que o defeito D10 é influenciado pela temperatura do processo, pela condição das aparelhagens e pela pressão de estampagem. Desta forma, pode-se montar a matriz X, que vai correlacionar essas variáveis e características do processo com as partes e componentes da máquina, bem como com os respectivos pontos de controle. Essa análise do defeito D10 pode ser vista na Matriz X da Fig. 5.4.

Controlador de Pressão do Pré-Conformador	Carregador e Acessórios	Moldes e Insertos	Controlador de Ciclo	Válvula Controle e Sistema Lubrificação	Tubulações/Mangueiras e Conexões	Variáveis e Características do Processo / Partes e Componentes da Máquina / Pontos de Controle / Defeitos de Qualidade	**D10**	D11	D4	D1	D6
X	X					Pressão de Estampagem	X				
		X				Condição Aparelhagem	X				
		X	X	X	X	Temperatura	X				
			X	X	X	Temperatura Interna	X				
			X			Temperatura Externa	X				
				X	X	Pressão Vapor	X				
		X				Folga Molde	X				
	X					Folga nos Acessórios	X				
X						Pressão Ar	X				

Figura 5.4 – Matriz X do defeito D10

Com a matriz X, pode ser visualizada a interrelação dos pontos de controle com a geração do defeito D10; essa análise, associada com informações dos relatórios de manutenção corretiva e preventiva e do *know-how* já existente na empresa, possibilita a elaboração da matriz Q2 provisória, Quadro 5.5, a qual fornece uma síntese sobre as condições que devem ser mantidas, a fim de prevenir a ocorrência do defeito D10. Nesse momento também é feita a classificação provisória dos parâmetros a serem controlados (Pontos Q ou Componentes Q, conforme definições apresentadas na seção 4.2.5) e a sua correlação com o defeito D10, usando o seguinte critério:

- **alta correlação (□),** para os componentes ou características do processo cuja desregulagem, no passado, já tenha causado o defeito D10, em pelo menos 90% das ocorrências, como é o caso da desregulagem do controlador registrador gráfico que controla a pressão de vapor do vulcanizador;
- **média correlação (O)**, para os componentes ou características do processo cuja desregulagem, no passado, tenha causado, algumas vezes, o defeito, como é o caso do controlador registrador que controla a temperatura interna;

- **baixa correlação (△),** para os componentes ou características do processo cuja desregulagem ou mau funcionamento, acredita-se, por experiência, que possa, mesmo sem evidências anteriores, influenciar no aparecimento do defeito, como é o caso da folga no molde.

Quadro 5.5 – Matriz Q2 provisória da vulcanização dos pneus convencionais de caminhão

	PARTES DA MÁQUINA					
	VULCANIZADOR			APARELHAGENS		PRÉ-CONFORMADOR
PARÂMETRO	Temperatura Interna	Temperatura Externa	Pressão Vapor	Folga Molde	Folga Acessórios	Pressão Ar
MEDIÇÃO	Controlador Registrador Gráfico	Termômetro Digital	Controlador Registrador Gráfico	Gabarito	Gabarito	Manômetro
ESPECIFICAÇÃO	150º C +/- 5º C	150º C +/- 5º C	18Kgl/cm2 +/-0,5Kgl/cm2	Padrão Projeto	Padrão Projeto	15Kgl/cm2 +/- 1 Kgl/cm2
FREQÜÊNCIA	Turno	Diário	Turno	Semana	Mensal	Turno
RESPONSÁVEL	Operador	Operador	Operador	Manutenção	Manutenção	Operador
FATORES Q	Ponto Q (PQ)	Ponto Q (PQ)	Ponto Q (PQ)	Componente Q (CQ)	Componente Q (CQ)	Ponto Q (PQ)
CORRELAÇÃO COM O DEFEITO	○	□	□	△	□	□

Ao finalizar a fase 1 da abordagem, proposta na Fig. 5.3, obtém-se o elenco de ações, ver Quadro 5.4, o qual deve ser aplicado na máquina-modelo para testar a sua eficácia. Desta forma pode-se passar à Fase 2, a qual destina-se à avaliação, definição, manutenção e melhoria dos sistemas que vão garantir o CQZD.

Nessa nova fase verifica-se, também, que as causas que geram o defeito D10 são de fácil detecção, o que possibilitou a utilização de ferramentas da qualidade mais triviais (5 Porquê), para estabelecer as relações causa/ efeito, conforme já descrito na Fase 1. Assim, pode-se classificar o defeito D10 como uma perda esporádica (conforme foi visto na seção 3.4.1). Então, ao iniciar-se a fase 2, da abordagem proposta na Fig. 5.3, pode-se ir diretamente ao passo 5, para a definição das condições que geram o zero defeito, pulando os passos 3 e 4, que dizem respeito à análise de perdas crônicas.

Passo 5 – Avaliação/ definição do sistema para garantir o CQZD, onde define-se a matriz Q2 definitiva, através da confirmação dos fatores Q e do estabelecimento da

importância de cada um desses fatores, para evitar a geração do defeito D10. Essa priorização é baseada na pontuação obtida a partir do Questionário abaixo, a qual fornece uma graduação (analisando 5 dimensões) da dificuldade de se manter as condições de Zero Defeito.

Existe clareza nas especificações?

- Os padrões são definidos: 1 ponto
- Existem métodos de controle: 3 pontos
- Os padrões e métodos são fáceis de visualizar: 5 pontos

Existe facilidade nos ajustes?

- Difícil de regular: 1 ponto
- Fácil de regular: 3 pontos
- Exige pré-ajuste: 5 pontos

O parâmetro varia durante o processo?

- Durante a produção normal: 1 ponto
- Durante o *set up*: 3 pontos
- Excepcionalmente: 5 pontos

Os desvios são visíveis?

- Difícil de detectar: 1 ponto
- Existe padrão: 3 pontos
- Medição contínua: 5 pontos

A restauração do desvio é fácil?

- Pela manutenção: 1 ponto
- Pelo operador: 3 pontos
- Em automático: 5 pontos

Na matriz Q2 definitiva do quadro 5.6, definem-se os fatores Q (aqueles Componentes Q ou Pontos Q que apresentaram alta correlação com o defeito D10), e verifica-se a facilidade com que se conseguirá manter a condição zero defeito com cada Fator Q, ou seja, quanto maior for a pontuação (máximo 25 pontos), mais segurança se tem de que aquele ponto da máquina não produzirá o defeito D10.

Quadro 5.6 – Matriz Q2 definitiva da vulcanização dos pneus convencionais de caminhão

		PARTES DA MÁQUINA					
		VULCANIZADOR			APARELHAGENS		PRÉ-CONFORMADOR
PARÂMETRO		Temperatura Interna	Temperatura Externa	Pressão Vapor	Folga Molde	Folga Acessórios	Pressão Ar
MEDIÇÃO		Controlador Registrador Gráfico	Termômetro Digital	Controlador Registrador Gráfico	Gabarito	Gabarito	Manômetro
ESPECIFICAÇÃO		150º C +/- 5º C	150º C +/- 5º C	18Kgl/cm2 +/-0,5Kgl/cm	Padrão Projeto	Padrão Projeto	15Kgl/cm2 +/- 1 Kgl/cm2
FREQÜÊNCIA		Turno	Diário	Turno	Semana	Mensal	Turno
RESPONSÁVEL		Operador	Operador	Operador	Manutenção	Manutenção	Operador
FATORES Q		Ponto Q (PQ)	Ponto Q (PQ)	Ponto Q (PQ)	Componente Q (CQ)	Componente Q (CQ)	Ponto Q (PQ)
CORRELAÇÃO COM O DEFEITO		○	□	□	△	□	□
		PONTUAÇÃO DE ANÁLISE DAS CONDIÇÕES ZERO DEFEITO					
			Fator Q	Fator Q		Fator Q	Fator Q
CONDIÇÕES CLARAS	PADRÕES DEFINIDOS						1
	MÉTODOS CONTROLE			3		3	
	FÁCIL DE VER		5				
FÁCIL AJUSTE	DIFICIL REGULAR						1
	FÁCIL REGULAR					3	
	PRÉ-AJUSTE		5	5			
VALOR VARIÁVEL	NA NORMAL PRODUÇÃO					1	
	NO SET-UP			3			3
	EXCEPCIO-NALMENTE		5				
DESVIOS VISÍVEIS	DIFICIL DETECÇÃO						1
	SISTEMA PADRÃO					3	
	MEDIÇÃO CONTÍNUA		5	5			
FÁCIL RESTAURAR	PELA MANUTENÇÃO						1
	PELO OPERADOR					3	
	EM AUTOMÁTICO		5	5			
TOTAL			25	21		13	7

Salienta-se, que quanto mais baixa for a pontuação de um Fator Q, mais importante será a implantação de Sistemas P*oka Yoke* associados ao mesmo. Pode-se dizer que, por segurança, deve-se implantar Sistemas P*oka Yoke* sempre que a pontuação for inferior a 25. Nesse caso, o parâmetro mais crítico (7 pontos) é o controle da pressão de ar no pré-conformador. Portanto, conforme foi visto na seção 4.2.4, deve-se modificar o sistema regulador de pressão do pré-conformador, de tal forma que sejam instalados:

- um instrumento de detecção das variações de pressão;
- um dispositivo de inter-travamento eletropneumático que bloqueie a máquina ao receber o sinal do detector de queda de pressão, evitando que o ciclo continue;
- finalmente, um dispositivo sinalizador (campainha e luz de advertência no painel da máquina) para avisar os problemas ao operador, possibilitando que este tome as providências necessárias.

O mesmo raciocínio deve ser desenvolvido para os demais Fatores Q que apresentaram alta correlação com o defeito, ou seja, para evitar-se o defeito D10 é necessária a identificação de quatro Fatores Q, sendo que, pelo menos três desses fatores – aqueles que apresentavam a pontuação menor do que 25 – devem ser associados a Sistemas P*oka Yoke*.

Passo 6 – Manutenção da condição Zero Defeito, onde todos os Fatores Q identificados pela Matriz Q2 Definitiva são incluidos como itens críticos dos programas de manutenção preventiva e preditiva, bem como dos *check lists* de operação, qualidade e manutenção autônoma. Para as demais partes da máquina, que apresentaram uma média correlação com o defeito, também deve-se prever um tratamento diferenciado nos programas de manutenção e nos *check lists* acima mencionados.

5.3.3.2 Redução de Custos pelo Aumento de Produtividade

Conforme foi visto no início da seção 5.3.3, para se melhorar o nível de competitividade do negócio de pneus convencionais, é fundamental que se tenha preços competitivos, conseguidos através de redução dos seus custos de fabricação. O *Deployment* de Custos apresentado na seção 5.3.1 deixou claro que se deve iniciar tal empreitada pela redução de perdas existentes na utilização de mão-de-obra, já que essas perdas representam 17,5% do custo total de fabricação daquele tipo de produto.

Por tal razão este trabalho propõe a adoção da abordagem do JIPM (1996), composto por 4 etapas, apresentada na seção 4.3.2, para aumento da produtividade. Salienta-se que para o caso em estudo, como indica o JIPM (1996), serão utilzados apenas as etapas 1, 2, e 3, uma vez que a etapa 4 prevê operações sem a necessidade do homem, o que implicaria em custos elevados e não desejáveis para o processo de fabricação dos pneus convencionais de caminhão.

Quanto à primeira etapa – melhorar a eficiência da máquina – já apresentou-se, na seção 5.3.3.1, um exemplo de aumento da OEE da máquina, através da redução/ eliminação da geração de defeitos, por entender que tal exemplo, embora não aborde as outras perdas como *set-up*, falta de materiais ou quebras, seja suficientemente ilustrativo quanto à seqüência lógica proposta pelo JIPM (1996), poder-se-á passar para a segunda etapa – reduzir o ciclo Homem-Máquina – e para isso passa-se para a elaboração do *Deployment* de Produtividade para o processo em estudo.

O *Deployment* de Produtividade é elaborado a partir dos dados levantados pela cronoanálise tradicional, que mostra claramente o percentual de atividades NVA, SVA e VA para cada operação, relaciona essas operações com a população envolvida e fornece uma visão de prioridade de ataque ao NVA e SVA. Na Fig. 5.5, apresenta-se o *Deployment* de Produtividade de forma condensada, por áreas. Pode-se ver, também, o potencial de recuperação de mão-de-obra que prioriza o *Deployment* LCA.

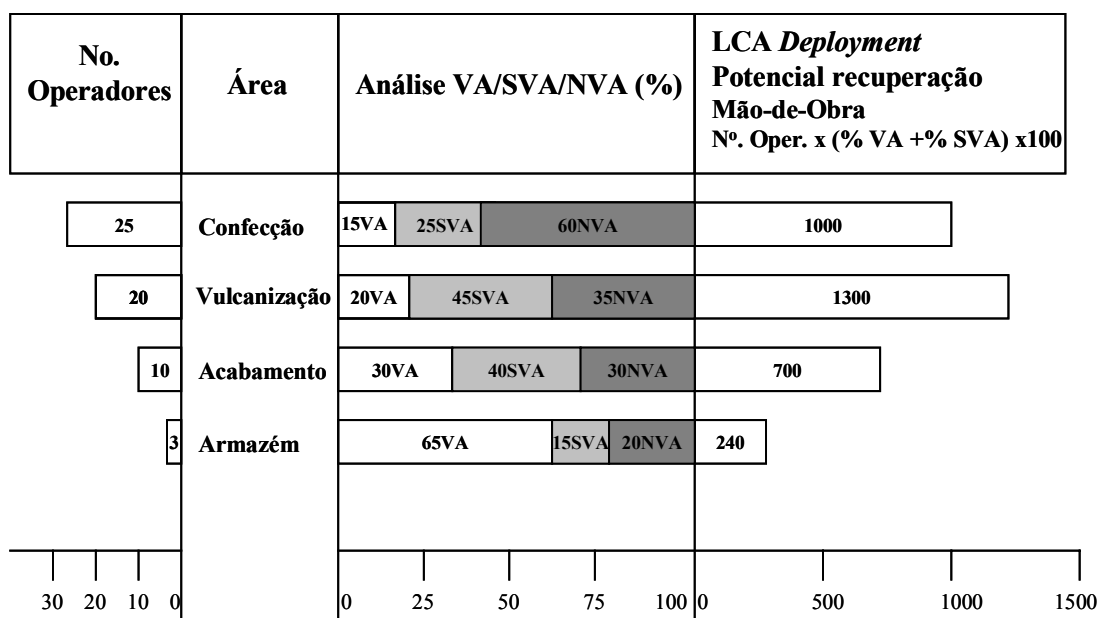



Figura 5.5 – *Deployment* de Produtividade e o potencial de recuperação de mão-de-obra, no processo de fabricação de pneus convencionais de caminhão

Pelo *Deployment* de Produtividade do processo de fabricação de pneus convencionais de caminhão, verifica-se que a área da vulcanização, embora não apresente a maior população (20 operários) é a que detém o maior potencial de recuperação de mão-de-obra (índice 1300). Por isso o presente estudo de caso, doravante, concentrar-se-á em apresentar a aplicação da terceira etapa - Separação Homem-Máquina (Autonomação) – do percurso para aumentar a produtividade, proposto pelo JIPM (1996), na área da vulcanização.

Através do mesmo levantamento de cronoanálise, usado para a elaboração do *Deployment* de Produtividade, obtém-se a descrição detalhada dos elementos que compõem todo o ciclo de vulcanização. Este elenco dos elementos de 1º nível pode ser visto no Quadro 5.7.

Quadro 5.7 –Detalhamento da aplicação de mão-de-obra no ciclo de vulcanização dos pneus convencionais de caminhão (Elementos de 1º nível)

OPERAÇÃO: Vulcanizar pneus convencionais de caminhão						
Item	Descrição dos elementos	Tempo (min)		% Coef. de Repouso	Tempo padrão ajustado	% sobre tempo total da mão-de-obra
		MÁQUINA	HOMEM			
1	Abrir vulcanizador	0,30	0,30	10	0,33	4,70
2	Descarregar vulcanizador		1,00	10	1,10	15,60
3	Carregar vulcanizador		0,50	10	0,55	7,80
4	Fechar vulcanizador para provar posição		0,30	10	0,33	4,70
5	Abrir vulcanizador	0,30	0,30	10	0,33	4,70
6	Colocar válvula C.V.		1,50	10	1,65	23,40
7	Colocar matrícula		0,20	10	0,22	3,10
8	Fechar vulcanizador (início ciclo)	0,30	0,30	10	0,33	4,70
9	Retirar os pneus do PCI (ciclo anterior) e colocar os novos		2,00	10	2,20	31,30
Total de carga e descarga por vulcanizador		1,20	6,40	10	7,04	100,00

A partir da análise dos elementos de 1º nível de mão-de-obra, nota-se que o elemento 9 – retirar os pneus do PCI (Ciclo anterior) e colocar os novos – é o que absorve o maior empenho de mão-de-obra (31,3% do tempo). Então, passar-se-á a usar esse elemento para ilustrar o estudo que se segue. No Quadro 5.8 pode-se ver a continuidade do *Deployment* LCA com o detalhamento dos elementos de 2º nível, relativos ao elemento de 1º nível prioritário nº 9.

Quadro 5.8 – *Deployment* LCA – Análise dos elementos de 2º nível.

Elemento de 1º nível	**Elementos de 2º nível**	**Classificação**			**Análise LCA**		
		VA	SVA	NVA	3M	Ferram.	Processo
9. Retirar os pneus do PCI (ciclo anterior) e colocar os novos. Tempo: 1,0 minuto para o pneu L.D. 1,0 minuto para o pneu L.E. Tempo Total: 2,0 minutos	a) Deslocar-se até o pneu L.D.			0.15	0.15		
	b) Rolar pneu lateral vulcanizador		0.05				0.05
	c) Pegar sifão do suporte máquina		0,03			0,03	
	d) Introduzir sifão furo C.V.		0.07			0.07	
	e) Certificar-se do início da saída de condensa			0,10		0,10	
	f) Deslocar-se até o PCI			0.10	0.10		
	g) Retirar o pneu do PCI LD		0.05				0.05
	h) Rolar pneu até transportador		0.05				0.05
	i) Colocar pneu no elevador			0.12			0.12
	j) Deslocar-se até comando			0.10	0.10		
	k) Acionar elevador do pneu		0.03				0.03
	l) Deslocar-se até pneu L.E.			0.15	0.15		
	Tempos Totais		0,28	0,72	0,50	0,20	0,30
	OBS.: Repetir os 12 elementos anteriores para pneu L.E.						

A partir do *Deployment* LCA, classificam-se os elementos de 2º nível como VA, SVA e NVA. Inicia-se, também, a Análise LCA, a qual já foi apresentada na Fig. 4.6 da seção 4.3.2 e que identifica cada elemento como 3 M (desperdício, movimento irregular ou operação difícil), Ferramenta ou Processo. No Quadro 5.9 pode-se ver a Análise LCA, para otimização/ Autonomação dos elementos de 2º nível, relativos ao elemento de 1º nível 9 do Quadro 5.7.

Quadro 5.9 – Análise LCA, para otimização/ Autonomação dos elementos de 2º nível

ITEM	ATIVIDADE	TIPO DE ATIVIDADE				DADOS			5W1H						OTIMIZAÇÃO DO ELEMENTO				ANÁLISE LCA			AÇÃO
		⬭	⇨	□	D	Tempo (min)	Distância(m)	Frequência	Porquê?	Quem?	Que?	Como?	Quando?	Onde?	Eliminar	Combinar	Racionalizar	Simplificar	3M	Ferramentas	Processo	
a	Deslocar-se até pneu LD		X			0,15	5	1/P	Para pegar pneu LD	Oper.	Oper.	Caminhando	Início ciclo	Na frente da máquina		X			X			- Modificar Modo Operatório (Folha Trabalho Padrão)
b	Rolar pneu lateral vulcanizador		X			0,05	4	1/P	Para extrair a condensa	Oper.	Pneu	Mãos	Após chegar LD	LD máquina			X		X		X	- Instalar sistema Poka Yoke p/ garantir segurança operador (passo1) - Modificar talha para descarregar pneu direto no PCI (passos 1 e 3)
c	Pegar sifão do suporte da máquina	X				0,03	1	1/P	Para extrair a condensa	Oper.	Sifão	Mãos	Após posicionar pneu	LD máquina	X					X		- Instalar sistema de vácuo para extração da condensa no final do ciclo (com sistema Poka Yoke)
d	Introduzir sifão na C.V.	X				0,07		1/P	Extrair a condensa	Oper.	Sifão	Mãos	Após pegar sifão	C.V. do pneu		X				X		- Modificar Sifão para ter múltipla função.
e	Certificar-se do início da saída da condensa			X		0,10		1/P	Extrair a condensa	Oper.	Condensa	Visão	Após introduzir sifão	LD máquina	X					X		- Instalar Sifão modificado na fase de conformação.
f	Deslocar-se até o PCI		X			0,10	5	1/P	Retirar pneu PCI	Oper.	Oper.	Caminhando	Após extração condensa	Na lateral da máquina		X			X			- Modificar Modo Operatório (Folha Trabalho Padrão)
g	Retirar o pneu do PCI LD		X			0,05	1	1/P	Levar pneu transportador	Oper.	Oper.	Mãos	Após desloca-mento	No PCI	X						X	- Autonomatizar descarga PCI (passo 12)
h	Rolar pneu até transportador		X			0,05	4	1/P	Enviar pneu acabamento	Oper.	Pneu	Mãos	Após retirar PCI	Junto ao transporte			X				X	- Autonomatizar transporte (passo 13)
i	Colocar pneu no elevador	X				0,12		1/P	Elevar pneu	Oper.	Pneu	Mãos	Após rolar pneu	No elevador	X						X	* Eliminar elevador * Alterar altura do PCI
j	Deslocar-se até comando elevador		X			0,10	1	1/P	Acionar elevador	Oper.	Oper.	Caminhando	Após colocar pneu elevador	Junto ao elevador	X				X			* Construir rampas com guardas laterais para pneu rolar de pé até o transportador
k	Acionar elevador	X				0,03		1/P	Elevar pneu	Oper.	Botão	Mãos	Após colocar pneu elevador	Na lateral do elevador		X					X	
l	Deslocar-se até pneu LE		X			0,15	8	1/P	Pegar pneu LE	Oper.	Oper.	Caminhando	Após acionar elevador	Na frente da máquina			X		X			- Modificar Modo Operatório (Folha Trabalho Padrão)

A partir da análise LCA, pode-se visualizar, para cada atividade (elemento de 2º nível), o seu tipo: processo (O), transporte/ deslocamento (⇨), verificação (☐) ou demora/ espera (D). Determina-se, também, duração, freqüência e distância percorrida na sua execução.

A referida análise visa permitir a perfeita identificação dos detalhes operacionais. Para tanto, usa-se o 5W1H e/ ou 5 Porquês, que permitirão a Eliminação (E), Combinação (C), Racionalização (R) ou Simplificação (S) – (ECRS) – das atividades analisadas. Por fim, estabelece-se o plano de ação, baseado na classificação da análise LCA (3M, Ferramentas, Processo), para otimizar/ racionalizar cada elemento de 2º nível, tornando possível a redução do empenho da mão-de-obra e, conseqüentemente, do seu relativo custo.

Salienta-se que adotaram-se os 24 passos, propostos por Takeda (1993) no Roteiro para a implantação de um Sistema de Autonomação Total, apresentado na seção 4.3.1, com o qual foi elaborado aquele plano de ação de melhorias. Ressalva-se, também, que para o passo 1 (segurança) , trabalhou-se com o enfoque mais detalhado do JIPM (1996), apresentado na mesma seção.

Abaixo, segue uma síntese das ações de melhoria, desenvolvidas para cada elemento elencado no Quadro 5.9.

a) **Deslocar-se até pneu LD**. Como essa atividade é considerada um desperdício (MUDA), a mesma deverá ser combinada com a atividade de 1º nível nº 8 – fechar vulcanizador (início ciclo) – descrita no Quadro 5.7. Essa nova atividade combinada deverá ser padronizada, através da Folha de Trabalho Padrão (FTP), estabelecendo um ganho de tempo de 0,15 minutos.

b) **Rolar pneu para a lateral do vulcanizador**. Essa atividade será racionalizada, através da modificação da talha elétrica, já existente no local, de tal forma que seja possível o transporte do pneu até o PCI, com ganho de tempo (0,15 minutos). Além disso, a execução dessa atividade representa um risco para a segurança do operador, portanto, deve-se aplicar o passo 1 da abordagem citada anteriormente, onde se prevê a instalação de um sistema *poka yoke* (dispositivo de detecção do correto posicionamento do pneu na garra, um dispositivo de bloqueio do acionamento da talha, caso o pneu esteja mal posicionado e um dispositivo sinalizador visual, para alertar o operador quando o bloqueio atuar).

c) **Pegar sifão do suporte da máquina**/ d) **Introduzir sifão na C.V.**/ e) **Certificar-se do início da saída da condensa**. Essas atividades foram classificadas na Análise LCA como Ferramentas, sendo que as atividades “c” e “e” deverão ser eliminadas através da instalação de um sistema de vácuo, para extração da condensa de forma automática no final do ciclo, e, também, modificação do próprio sifão, para que este tenha a função de vedação da C.V. na fase anterior, o que, finalmente, possibilitará a combinação da atividade “d” com a fase de conformação. Ganho de tempo: 0,2 minutos.

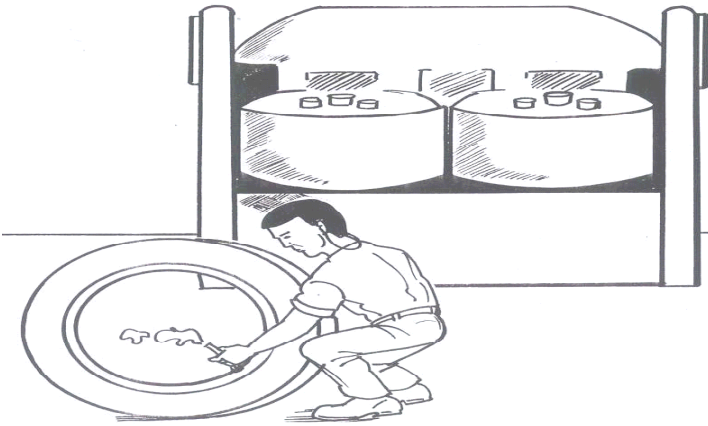
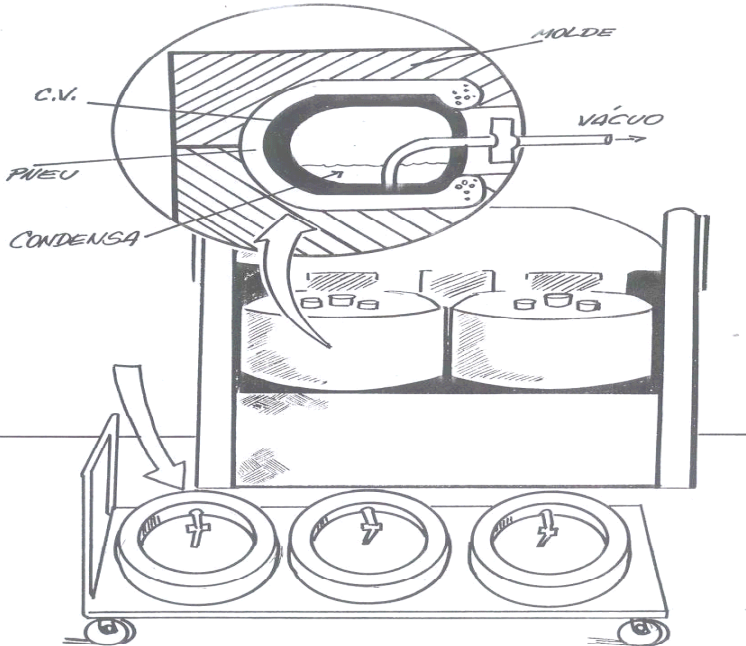
f) **Deslocar-se até o PCI**. Considerada 3M, essa atividade deverá ser combinada com um ganho de 0,05 minutos e padronizado, através da nova FTP.

g) **Retirar o pneu do PCI LD**. Essa atividade foi classificada como Processo na Análise LCA e deverá ser eliminada. Aplicando-se o passo 12, autonomatiza-se o elemento e recupera-se 0,05 minutos.

h) **Rolar pneu até transportador**/ i) **Colocar pneu no elevador**/ j) **Deslocar-se até comando do elevador**/ k) **Acionar elevador**. Essas atividades serão autonomatizadas (passo 13), através da eliminação do elevador, elevação da altura do PCI e construção de rampas com guardas laterais, para possibilitar que o pneu, uma vez liberado automaticamente do PCI, role por gravidade para o transportador. Desta forma, pode-se recuperar 0,3 minutos do tempo da mão-de-obra.

l) **Deslocar-se até pneu LE**. Essa atividade deverá ser racionalizada e padronizada como a nova FTP. Ganho: 0,05 minutos.

Com o objetivo de exemplificar a abordagem de ataque e redução das perdas proposta pela pesquisa, pode-se observar nas figuras 5.6 e 5.7 as OPL’s, que ilustram algumas das melhorias de produtividade no processo de vulcanização dos pneus convencionais de caminhão. E por fim, no Quadro 5.10, apresenta-se um resumo geral dos melhoramentos e ganhos obtidos na máquina-modelo.

Figura 5.6 –Otimização/ Autonomação dos elementos de 2º nível a, b, c, d, e

☐ Conhecimento de base
☐ Solução de problema
☒ Melhorias

LIÇÃO DE UM PONTO

PROCESSO Vulcanização

Nº 1253 /

DATA DE EMISSÃO 15 / 06 / 01

ANTES

DEPOIS

PROBLEMA Perda: O operador deve retirar pneu do PCI e transportá-lo rolando até o elevador para colocar pneu no transportador

MELHORIA Autonomatizar descarga e transporte do pneu (passos 12 e 13)

RESULTADOS
- Recuperação de 0,32 min./pneu da mão-de-obra direta (operador vulcanização)
- Redução do esforço físico do operador e redução dos deslocamentos (-6m por pneu)
- Eliminação riscos de acidentes de trabalho

Figura 5.7 –Otimização/ Autonomação dos elementos de 2º nível f, g, h, i, j, k, l

Quadro 5.10 – Resumo dos ganhos alcançados na máquina-modelo

	Ações de Melhoria	Forma de Abordagem/ Ataque	Resultados
Custos	- Redução mão-de-obra direta.	- Percurso para aumentar a produtividade JIPM (1996), melhorando a eficiência da máquina, reduzindo o ciclo homem-máquina e separando o homem da máquina através dos 24 passos de Takeda (1993).	- Redução de 67% do número de operações efetuadas. - Redução de 62% da necessidade de deslocamento do operador. - Aumento do nº de vulcanizadores atendidos por operário em 130%. Obs.: Estima-se obter uma redução nas perdas de mão-de-obra direta na ordem de 20 % (o valor preciso será obtido após o natural "ajuste" das ações de melhoria quando da execução do plano de extensão para todo o processo de vulcanização).
	- Redução mão-de-obra e materiais de manutenção.	- Grupo Manutenção autônoma (7 passos). - Introdução da manutenção planejada (6 passos). - Modificações na máquina decorrentes das ações de melhoria qualitativa e de produtividade, como Sistemas P*okaYyoke*, simplificação dos dispositivos e aumento da confiabilidade dos equipamentos.	- Redução em 50% dos atendimentos emergenciais pela manutenção. - Redução do nº de quebras em 59%. - Redução das pequenas paradas (< 15 minutos). - Aumento OEE.
Qualidade	- Redução defeituoso/ eliminado.	- Aplicação dos 7 passos para a Manutenção da Qualidade e Zero Defeitos e o controle dos Fatores Q (*check-lists* M. Autônoma, manutenção e operação). - Implantação do Sistema de inspeção 100 % na fonte (Sistemas *Poka yoke*). - Implantação do sistema de inspeção informativo (auto-inspeção e insp. sucessiva), aproveitando a insaturação de mão-de-obra..	- Eliminação da geração do defeito D10. - Redução 60% da geração do defeito D11. - Redução 30% da geração do defeito D4. - Redução da necessidade da inspeção por julgamento (100%) no final da linha. - Redução reclamados de mercado. - Redução dos produtos finais eliminados em 50%.
Aspectos Humanos	- Aumento Segurança e melhorias ergonômicas.	- Grupo de Segurança do trabalho, atuando em conjunto com a CIPA, desenvolvendo os mapas de riscos das atividades, análise ergonômica (Métodos NIOSH e Rula). - Modificações, simplificações dos equipamentos decorrentes das ações de melhoria qualitativa, produtividade e de manutenção.	- Redução Acidentes em 70% (projeção para plano de extensão) - Redução de afastamentos por lombalgias e tendinites. - Redução de ruído.
	- Empowerment mão-de-obra.	- Treinamento específico da mão-de-obra e desenvolvimento das APGs. - Preparação e formação dos gestores/ líderes de APGs.	- Alta motivação do pessoal envolvido (redução de 40% de absenteísmo). - Melhoria da auto-percepção de cada operador sobre o seu papel no processo de melhoria contínua.. - Domínio das técnicas de tomada de decisão pelos operadores.
Flexibili-dade	- Disponibilização de capacidade máquina.	- Embora tenham sido desenvolvidas poucas ações específicas para aumento da flexibilidade, essa melhorou devido a "efeitos colaterais" das demais ações de melhoria qualitativa, produtividade e manutenção. - Introdução do sistema de produção puxada, a partir do vulcanizador com kanban (usando cada carrinho como ordem de produção).	- Disponibilização de máquinas para: - manutenção programada e reformas; - evitar trocas e set-ups; - desenvolvimento de provas e protótipos; - possibilitar aumento de produção sem investimento em novos equipamentos (U$ 300.000/máquina); - redução de estoques intermediários entre vulcanização e conformação; - redução de perda de produção por falta de abastecimento de materias (carcaças).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Resumo dos Objetivos Alcançados pela Pesquisa

Ao iniciar-se esta pesquisa, partiu-se da premissa de que a competição mundial, no início do século XXI se acirrará, assumindo contornos cada vez mais implacáveis no que diz respeito à sobrevivência das empresas. Nos capítulos 1 e 2 procurou-se, sucintamente, descrever os possíveis cenários e fatores dessa competição, ou seja, os campos que permitirão, do lado da demanda, atender à expectativa crescente de qualidade, serviço e valor, bem como apontar as armas que possibilitarão, do lado da oferta, eliminar as chamadas gorduras (perdas) para assim ajustar o foco no mercado.

Desta forma, esta pesquisa se propunha, em um primeiro momento, a apresentar uma alternativa de gestão da produção que tivesse poder de potencializar aqueles fatores de competição como: qualidade, produtividade, flexibilidade e diferenciais humanos. Como pôde-se verificar no capítulo 3, o Sistema de Produção Enxuta, por atacar sistematicamente as perdas, apresenta, comprovadamente, esse potencial, daí a importância da releitura dos conceitos da Autonomação – um pilar de sustentação da Produção Enxuta – proposta por este trabalho e apresentada no capítulo 4.

Por entender que as ações de melhoria dentro dos processos produtivos deve ter uma coerente ligação com as prioridades competitivas da empresa, a pesquisa propôs, no capítulo 5, uma abordagem estruturada que partiu das Cinco Forças Competitivas – modelo de Porter (1986) – e mostrou que o ataque sistemático às perdas é uma opção poderosa no caminho do aumento da competitividade. Essa mesma abordagem sugeriu que a Autonomação, em seu conceito evoluído, pode servir como base de uma estratégia ou tática operacional que suportará as armas e o próprio planejamento competitivo da empresa, através da eliminação das perdas dos processos de produção.

No capítulo 5, através da apresentação de um estudo de caso na indústria de pneumáticos, o presente trabalho mostra que a escolha de uma estratégia funcional de produção, baseada na Autonomação e na eliminação das perdas, a qual foi desdobrada a partir do posicionamento estratégico da empresa, por meio da política de *deployments*, pode ser

efetuada com êxito no processo de fabricação de um produto maduro, como é o caso dos pneus convencionais para caminhão.

Tal escolha realizou-se em contraposição a uma abordagem mais convencional (dentro da lógica da produção em massa), que tem sido a opção estratégica dos concorrentes nesse segmento da indústria de pneus. Ainda quanto à aplicação da abordagem proposta e apresentada por esta pesquisa, nesse mesmo capítulo pôde-se dizer que, embora o plano de extensão das ações de melhoria, que se mostraram comprovadamente eficazes, não tenha sido implantado até o momento, os ganhos obtidos na máquina-modelo são suficientemente expressivos para que se possa projetar uma substancial melhora na eficácia operacional de todo o processo de vulcanização de pneus convencionais de caminhão.

6.2 Comentários e Esclarecimentos

É importante salientar que o estudo de caso apresentado no capítulo 5, desenvolvido na indústria de pneumáticos, que tem como característica marcante a acirrada competição travada entre os seus integrantes, buscou retratar com a maior fidelidade possível a realidade e as informações relativas ao negócio/ processo em estudo. No entanto, alguns cuidados foram necessários a fim de preservar a natural confidencialidade industrial exigida pela empresa. Pode-se resumir tais cuidados da seguinte forma:

- a análise da competição no setor (5 forças competitivas), bem como as estratégias corporativa e competitiva de negócios da empresa em estudo foram apresentadas de maneira resumida, focando só os aspectos que garantissem o entendimento da abordagem proposta;
- as prioridades competitivas foram apresentadas sem maior detalhamento e apenas para o negócio de pneus convencionais de caminhão;
- o *Deployment* de Custos foi apresentado com as restrições já descritas na seção 5.3.1;
- os exemplos de aplicação das metodologias de ataque às perdas qualitativas e de produtividade (seções 5.3.3.1 e 5.3.3.2) foram apresentados de forma parcial, ou

seja, foram escolhidos um defeito prioritário (sem explicitar o tipo) e um elemento de operação de 1º nível para ilustrar os passos das abordagens, evitando-se dar a visão do todo, por esta contemplar informações confidenciais do produto e do processo, as quais, inclusive, não agregariam valor ao trabalho.

Apesar dessas simplificações, acredita-se que, devido à clareza da abordagem apresentada, fica fácil para o leitor concluir que a aplicação daquelas metodologias aos outros defeitos e as demais operações do processo de fabricação em estudo possibilitará estabelecer um sistema de melhoramento contínuo, que conduzirá a empresa a uma posição competitiva cada vez mais favorável dentro da indústria de pneumáticos.

Com relação ao modelo apresentado na figura 5.1 da seção 5.1 – Proposta de uma abordagem estruturada para alcançar a competitividade através da eliminação das perdas – tem-se a comentar que apesar de tratar-se de um modelo até certo modo ambicioso, por buscar estabelecer uma ligação coerente entre a mais simples ação no "chão-de-fábrica" e a capacidade da empresa competir, o mesmo não tem a pretensão de se apresentar como definitivo.

Trata-se, pelo contrário, de uma proposta inicial, baseada nas constatações desta pesquisa e na experiência adquirida pelo autor da mesma nos últimos 20 anos de atuação na área de gerenciamento da produção. Pode-se dizer que o dito modelo se propõe, isto sim, a ser um ponto de partida para uma discussão científica que possa, inclusive, aprimorar tal abordagem.

Também a aplicação do referido modelo no estudo de caso não foi completa, primeiro porque os aspectos de flexibilidade (D) não precisaram ser abordados, conforme já esclarecido na seção 5.3.2. Também por simplificação didática não se apresentou o ataque às perdas relativas aos aspectos humanos (H) como segurança, meio ambiente e ergonomia, embora os mesmos tenham sido identificados pelos *deployments* de segundo nível e reduzidas/ eliminadas por APGs específicas.

Igualmente a alça de *feedback*, prevista para possibilitar a revisão das prioridades competitivas, após o estabelecimento do novo patamar de Qualidade (Q), Custos (C), Entrega/ Flexibilidade (D) e Aspectos Humanos (H), bem como as possíveis alterações na própria

estratégia competitiva de negócio, decorrentes das melhorias da eficácia operacional do processo de fabricação de pneus convencionais de caminhão, não foram apresentadas a fim de preservar a confidencialidade de tais informações. No entanto, visando demonstrar o potencial do modelo proposto, e ao mesmo tempo validar, de forma mais completa a sua experimentação, pode-se formular algumas hipóteses prováveis com relação à revisão/ confirmação das prioridades competitivas que foram estabelecidas no início da seção 5.3:

- estima-se que os ganhos alcançados na máquina-modelo, e elencados no Quadro 6.1, apresentam um potencial que pode possibilitar uma redução de até 4,7% no custo total de fabricação dos pneus convencionais de caminhão, objeto deste estudo;

- admite-se que a garantia do cumprimento dos ciclos de vulcanização para todos os lotes, dentro dos parâmetros especificados, devido a implantação de Sistemas *Poka Yoke*, o quais impedem a continuidade da operação frente a qualquer queda de pressão dos fluidos vulcanizantes (conforme Quadro 5.6), provocará o aumento do rendimento médio, bem como a melhora da integridade estrutural dos pneus durante o uso. Ou seja, essa melhora de *performance* do produto possibilitará um maior número de recauchutagens, confirmando, assim, o atendimento de uma importante prioridade competitiva;

- e por fim, a redução da geração de defeitos de aspecto deve, além de atender outra prioridade competitiva previamente estabelecida, proporcionar uma vantagem ao pneu convencional na disputa com o seu produto substituto – o pneu radial - podendo-se alterar, assim, a expectativa inicial que previa a necessidade de se trabalhar com descontos maiores para garantir a venda dos pneus convencionais de caminhão.

6.3 Conclusões e Contribuições da Pesquisa

No decorrer deste trabalho, quer seja na revisão bibliográfica, ou mesmo no desenvolvimento do estudo de caso, percebeu-se que, embora existam controvérsias se a Autonomação seria ou não um pilar fundamental dentro da lógica da Produção Enxuta,

autonomatizar significa dar ao homem que participa de um processo de produção, independentemente de sua função, hierarquia ou formação, a possibilidade e o direito de eliminar os desperdícios que acontecem nesse processo.

No entender desta pesquisa, a Autonomação, que nasceu com o intuito de garantir a produção sem a presença de defeitos, evoluiu para uma nova forma de produzir, na qual o homem, auxiliado por Sistemas *Poka Yoke*, associados a sistemas de inspeção (preferencialmente o Sistema de Inspeção 100% na Fonte, sempre que viável técnica e economicamente), assegura a qualidade dos produtos e elimina as perdas do processo produtivo, recuperando o potencial de valor deste. Essa nova forma de gestão se reflete na redução de custos, na melhoria da flexibilidade de produção e na melhoria dos valores humanos ligados àquele processo.

Além disso, esta pesquisa acredita que a evolução da Autonomação potencializou o *empowerment* desse mesmo homem, que passou a trabalhar mais motivado, pois adquiriu uma maior capacidade e técnicas para a tomada de decisão, compreendendo assim melhor o seu papel na implementação e sustentação da melhoria contínua, a qual vai contribuir para a competitividade da empresa onde o mesmo trabalha.

Desta forma, pode-se dizer que Autonomação, no seu processo evolutivo, tomou contornos de uma opção estratégica de produção, de uma escolha que pode ser feita pelas companhias quanto à maneira de gerir os processos produtivos, sendo que tal forma de gestão pode servir, inclusive, de base para toda a estratégia competitiva da empresa.

Salienta-se, no entanto, que mesmo com o aumento da sua abrangência de aplicação, a Autonomação manteve os seus preceitos iniciais de simplicidade, racionalidade, bom senso e baixo custo, pois parte-se do pressuposto que o “toque humano” não precisa ser complexo e caro, como é o caso das automatizações em geral. Apesar disso parecer bastante intuitivo, no momento da aplicação dos conceitos da Autonomação no estudo de caso, percebeu-se algumas particularidades e dificuldades que se entende importante elencar.

Em primeiro lugar, existe um consenso tácito, bastante forte, dentro das equipes de produção de que aumento de produtividade e qualidade só será conseguido com grandes investimentos em equipamentos de alta tecnologia e grandes automatizações.

Também as equipes de projetistas de máquinas tendem a ser reticentes na utilização de soluções mais simples como, por exemplo, a utilização da gravidade para movimentar objetos, preferindo, nesse caso, a utilização de movimentadores acionados por cilindros pneumáticos.

Igualmente a inspeção por julgamento 100% no final do processo – como é o caso da indústria de pneumáticos – tende a tornar o processo mais tolerante a erros, uma vez que as equipes desenvolvem o seguinte raciocínio: "esse tipo de defeito eu sempre mandei pra frente e ninguém nunca reclamou".

Segundo Monden (1998), e também como foi demonstrado no decorrer desta pesquisa, a base de funcionamento da Produção Enxuta é a atividade de pequenos grupos de trabalho (APGs), inseridos dentro da ótica da Qualidade Total, resultando daí a expectativa inicial desta pesquisa, de que a existência prévia de atividades de grupos de Manutenção Autônoma no processo em estudo deveria facilitar a introdução dos conceitos da Autonomação, o que realmente se confirmou, isso porque, conforme já discutido nas seções 3.4.3.2 e 5.3.2, a metodologia TPM para as atividades de manutenção autônoma desenvolve na equipe de operação uma maior autonomia e capacidade para a solução de problemas e eliminação das perdas. No entanto, ressalva-se que, apesar disso, a atitude estabelecida por parte de operadores e supervisores de "não se poder perder produção", cultura que estabelece que qualquer parada do processo é sempre sinônimo de perda de volume de produção, sendo, portanto, inaceitável, foi um fator limitante muito forte para o sucesso desse estudo de caso.

É importante ressaltar, porém, que tais vínculos puderam ser contornados através do envolvimento e do conseqüente aumento do nível de compreensão dos gerentes e supervisores sobre as vantagens de se produzir com autonomia e sem defeitos, mesmo que isso venha a provocar a parada do processo, ou seja, as próprias lideranças passaram a incentivar o nível operacional a mudar a sua forma de pensar e agir.

Na seção 3.4.3.4 apresentou-se uma forma de identificar, mapear e priorizar o ataque para eliminação das perdas através do Deployment de Custos, ferramenta essa que exige uma análise de uma razoável complexidade, a qual, conforme foi visto, deve basear-se no sistema de custos da empresa.

Sabe-se, no entanto, que a existência de sistemas estruturados de controle de custos, principalmente em empresas de pequeno porte, não poderia ser classificado como regra, e isso, sem dúvida, pode ser um vínculo para a aplicação da abordagem proposta pela pesquisa.

Tendo em vista, entretanto, que as perdas representam um substancial obstáculo para a obtenção dos níveis de eficácia operacional em qualquer processo produtivo, o ataque sistemático às mesmas deveria ser adotado em qualquer indústria. Assim, a pesquisa sugere que, para o caso de empresas que não possuem um sistema de controle de custos a partir do qual possa ser elaborado *o Deployment* de Custos completo, este poderia ser substituído por gráficos de Paretos seqüenciais, obtidos pelo desdobramento dos principais itens de custo.

Vale a pena salientar que a elaboração desse "*Deployment* simplificado" deveria ser executado por um grupo multifuncional, composto pelos técnicos mais experientes da empresa nas áreas de contabilidade, produção, qualidade e manutenção, os quais tivessem condições de identificar as perdas dentro dos itens de custo e, a seguir, mapeá-las no processo de produção. Uma outra opção seria a abordagem que Monden (1999) chama de Custo Kaizen, a qual prevê a definição dos alvos de custo no chão-de-fábrica, ao invés de usar o sistema contábil tradicional;

Embora não tenha sido previsto no seu escopo inicial de objetivos, esta pesquisa entendeu ser importante promover as seguintes adequações na sistemática proposta pelo JIPM (1996), a qual estabelece os 7 passos da Manutenção da Qualidade nos processos produtivos:

- utilização do questionário da análise das condições Zero Defeitos da Matriz Q2 Definitiva para definir a utilização de Sistemas Poka Yoke em associação ao sistema de inspeção escolhido (passo 5);
- a introdução preferencial do Sistema de Inspeção 100% na Fonte, sempre que viável técnica e economicamente;
- - a associação dos Sistemas *Poka Yoke* com os Fatores Q, previstos originalmente pela metodologia, para garantir o nível de Zero Defeitos;
- o esclarecimento em relação à necessidade de ataque às perdas crônicas nos passos 3 e 4, que dependerá da relevância desse tipo de perda no problema em análise.

6.4 Sugestões para Futuros Trabalhos

O objetivo principal desta pesquisa era o de apresentar um modelo que, além de servir para uma aplicação específica no estudo de caso desenvolvido, pudesse, também, ser usado como uma possível referência dentro de um tema reconhecidamente importante como é a necessidade de eliminação das perdas nos processos produtivos.

Além de alcançar os objetivos destacados na seção 1.2, espera-se, também, ter estimulado os leitores a uma reflexão/ discussão em torno desse tema, o qual acredita-se poder garantir o aumento de capacidade competitiva das empresas. Dentro dessa linha de raciocínio, a pesquisa sugere que sejam aprofundados os seguintes pontos:

- a aplicação da abordagem proposta em outros tipos de indústria e de processo, bem como de produtos em fases anteriores do seu ciclo de vida, como introdução ou crescimento;
- o desenvolvimento de instrumentos alternativos ao *Deployment* de Custos como forma de priorizar o ataque às perdas;
- a comparação do modelo apresentado com outras estratégias funcionais que busquem, também, a potencialização da eficácia operacional da produção;
- a viabilização/ adequação da aplicação do modelo proposto em empresas que não possuem um Sistema de Qualidade Total desenvolvido, e/ ou não pratiquem o uso sistemático de Atividades de Pequenos Grupos (APGs), na busca de melhoria dos processos produtivos;
- aplicação da abordagem proposta em empresas onde a flexibilidade seja fundamental para o aumento da competitividade, uma vez que no presente estudo de caso, conforme já foi explicado, tal aspecto não foi abordado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, Roberto dos Reis; ANTUNES JR, José Antonio Valle. Takt-time: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Gestão & Produção – Depto. Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos**, v.8, n.1, p.1-18, abr.2001.

BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro.** Porto Alegre, Editora Bookmann, 1998.

CONTADOR, José Celso. Campos da competição. **Revista de administração**, São Paulo, V. 30, n. 1, p. 32-45, jan/ mar 1995A.

CONTADOR, José Celso. Armas da competição. **Revista de administração**, São Paulo, V. 30, n. 2, p 50-64, abr/ jun 1995B.

DEMING, W. Edwards. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro, Editora Marques Saraiva, 1990.

DRUCKER, P. *et al*. Programe-se para o futuro. **Revista HSM *Management***, São Paulo, Editora Savana, p.48-58, mai/ jun 1998.

FMJ (*Factory Management Journal*). ***Cuadernos de direccion de de fabricas- estudos de casos de mejoras – Autonomatização***. Madrid, *Tecnologias de gerencia y producción, S.A*., Vol. 1, num. 3, 1993.

FAIRBANKS, Michael; LINDSAY Stace. Os sete erros dos países em desenvolvimento. **Revista HSM *Management***, São Paulo, Editora Savana, p. 106-112, jan/ fev 1998.

FENSTERSEIFER, Jaime E. **Apostila do curso estratégias de produção**. Porto Alegre, UFRGS/ Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção - PPGEP, jan 1999.

GARVIN, David A. **Gerenciando a qualidade – a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro, Editora Qualitymark, 1992.

GHINATO, P. Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: **Produção e competitividade: aplicações e inovações**. Recife, Editora UFPE, 2000.

GHINATO, P. Robótica e automação no Japão: sustentando a competitividade industrial. **Revista Produto e Produção** – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFRGS, outubro, 1 (1), P. 30-39, 1997.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção – mais do que simplesmente Just-In-Time**. Caxias do Sul, Editora da UCS, 1996.

GODFREY A. Blanton *et Al*. O que será da Qualidade? **Revista HSM *Management***, São Paulo, Editora Savana, p. 134-140, jan/ fev/1998.

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **A meta – um processo de aprimoramento contínuo**. São Paulo, Editora Educator – IMAN, 1992.

HAMEL, Gary. Dez princípios de revolução, **Revista HSM *Management***. São Paulo, Editora Savana, p. 114-124, jan/ fev 1998.

HAMEL, Gary; PRAHALAD,C.K. Como criar o futuro já. **Revista HSM *Management***, São Paulo, Editora Savana, p.140-146, mai/ jun 1997.

HAMMER, M. A realidade da reengenharia. **Revista HSM *Management***, São Paulo, Editora Savana, p. 20-23, mai/ jun 1997.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengenharia: revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da gerência**. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1994.

HIRANO, Hiroyouki. ***JIT implementation manual: the complete guide to Just-In-Time manufacturing***. Portland, USA *Productivity Press,* 1990.

IB/TPM. **Boletim Instituto Brasil/TPM**. São Paulo, Ano 6 – nº 9, mai/ 2000.

JIPM. ***TPM Award audit book***. Gravataí, Editora Pirelli, ago/1999.

JIPM. **Manual II curso internacional para formação de instrutores TPM**. São Paulo, Editora JIPM/IMC mai/ 1995.

JIPM. **Manual curso *Process Kaizen Engineer* (PKE)**. São Paulo, Editora JIPM/ Pirelli 1996.

KOTLER, Philip. Pensar globalmente, atuar localmente**. Revista HSM *Management***, São Paulo, Editora Savana, p. 6-12, mai/ jun 1997.

MAGRATH, Allan J. Lições dos anos 90. **Revista HSM *Management***, São Paulo, Editora Savana, p. 124-129, mai/ jun 1997.

McRAE, Hamish. O que move o mundo. **Revista HSM *Management***, São Paulo, Editora Savana, p.116-122, mai/ jun 1997.

MICHAELIS. **Dicionário de Inglês-Português**. 66ª edição, São Paulo, Cia Melhoramentos, 2000.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, Napoleão L. **TPM à moda brasileira**. São Paulo, Editora Makron Books, 1994.

MONDEN, Yasuhiro. **Toyota Production System – an integrated approach to Just-In-Time.** Norcross – Georgia*, EMP Books*, 1998.

MONDEN, Yasuhiro. **Sistema de redução de custos, custo-alvo e custo kaizen**. Porto Alegre, Editora Bookman, 1999.

MONTGOMERY, Cynthia A.; PORTER, Michael E. *et al***. Estratégia: a busca da vantagem competitiva**. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1998.

MORRIS, D.S.; HAIGH, R.H. Quem manda em quem? **Revista HSM *Management***, São Paulo, Ed. Savana, p. 62-68, nov/ dez 1997.

OHMAE, Kenichi. Os novos limites da empresa. **Revista HSM *Management***, São Paulo, Editora Savana, p.22-26, mai/ jun 1998A.

OHMAE, Kenichi. Começando de novo. **Revista HSM *Management***, São Paulo, Editora Savana, p. 6-10, nov/ dez 1998B.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala**. Porto Alegre, Editora Bookmann, 1997.

OVERHOLT, Miles H. Flexibilidade e vantagem competitiva. **Revista HSM *Management***, São Paulo, Editora Savana, p. 68-72, jan/ fev 2000.

PAIVA, Ely L. **As decisões estratégicas da produção**. In: FENSTERSEIFER, Jaime E. Apostila do curso estratégias de produção – UFRGS/PPGEP, Porto Alegre, jan 1999.

PORTER, M.E. *et. al*. **Competição: *on competition* - estratégias competitivas essenciais**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1999.

PORTER, M.E**. Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1986.

PORTER,M.E. Não existem Santos Graals. **Revista Exame**, São Paulo, Editora Abril, p.130-134, outubro 1999.

PRODUCTIVITY PRESS 1. ***5S for operators*** **– 5 pillars of de visual workplace**. Portland – Oregon, 1996.

PRODUCTIVITY PRESS 2 ***Quick change over for operators: the SMED System***. Portland – Oregon, 1996.

RAMA, Lúcia Correia; ABRAHAM, Márcio. Aplicações do OEE – *Overall Equipment Effretiveness* em uma indústria Automobilística. **Boletim Técnico – Depto. De Engenharia de Produção da EPUSP**, São Paulo, BT/PRO/031, 1997.

RIBEIRO, Haroldo. Qualidade Total ou TPM? **Revista Banas Qualidade**, p. 56-57, out 1999.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre, Editora Bookmann, 1996.

SHINGO, S. ***Study of Toyota Production System from industrial engineering viewpoint****. Tokyo, Japan Management Association*, 1981.

SLACK, N. *et al*. **Administração da produção**. São Paulo, Editora Atlas, 1997.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura**. São Paulo, Editora Atlas, 1993.

TAKEDA, Hitoshi. *Autonomatización: automatización con toque humano*. In**: FMJ (*Factory Management Journal*)**. ***Cuadernos de direccion de de fabricas- estudos de casos de mejoras – Autonomatización***. Madrid, *Tecnologias de gerencia y producción, S.A*., Vol. 1, num. 3, 1993.

TOYOTA MOTORS. **Apostila do Sistema de Produção Toyota**. São Paulo, Divisão de Relações Internacionais/ Divisão de Consultoria de Operações Gerenciais da Toyota, Outubro 1995.

UMBLE, M. Michael. *Analyzing manufacturing problems using V-A-T Analysis*. In: ***Production and Inventory Management Journal,*** *second quarter*, 1992.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1992.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas – elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1998.

OBRAS CONSULTADAS

ALTENBURG, Ken *et al. Just-In-Time logistics support for the automobile industry.* ***Production and Inventory Management Journal*** **– APICS**, p. 59 – 66, *second quarter,* 1999.

BARRELA, Wagner Däumichen; BRUNSTEIN, Israel. Sistemas flexíveis de informações baseadas em medidas de produtividade. **Boletim Técnico – Depto. De Engenharia de Produção da EPUSP**, São Paulo, BT/PRO/07, 1997.

BONILHA, Juliana Zart. **Textos Didáticos de Engenharia**. Porto Alegre: UFRGS, Escola de Engenharia, Biblioteca, 1996. 37p. Não publicado.

COLLINS *et al.* Flexibilidade rígida, **Gazeta Mercantil – Produção e Operações**, São Paulo, out 1997.

CONTADOR, José Celso. Produtividade fabril II – Método para rápido aumento da produtividade fabril: redução de espera dentro do ciclo de produção. **Gestão & Produção – Depto. Engenharia de Produção da Universidade de São Carlos**, v. 2, n. 1, p 25 – 37, abr. 1995.

CONTADOR, José Celso. Produtividade fabril III – Método para rápido aumento da produtividade fabril: redução de tempos inativos e no tempo de espera do material em processo. **Gestão & Produção – Depto. Engenharia de Produção da Universidade de São Carlos**, v. 2, n. 2, p 134 – 151, ago. 1995.

GHINATO, Paulo. **Elementos para a compreensão de princípios fundamentais do Sistema Toyota de Produção: Autonomação e Zero Defeitos**, Porto Alegre, 179 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia, PPGEP – UFRGS, 1994.

GLUCK, Frederick W.; KAUFMAN, Stephen P.; WALLECK, A. Steven. Administração estratégica e vantagem competitiva. **Revista Exame**, São Paulo, Editora Abril, p. 35 – 46, março de 1981.

HURLEY, Simon F.; WHYBARK D. Clay. *Comparing JIT approaches in a manufacturing cell.* ***Production and Inventory Management Journal*** – APICS, p. 32 – 37, *second quarter*, 1999.

MÜLLER, Vanessa; ABRAHAM, Márcio. O impacto da globalização sobre as industrias do setor automotivo brasileiro. **Boletim Técnico – Depto. de Engenharia de Produção da EPUSP**, São Paulo, BT/PRO/026, 1997.

NORONHA, Renato Bartoli de; ABRAHAM, Márcio. QOS: Um sistema gerencial e sua implementação. **Boletim Técnico – Depto. De Engenharia de Produção da EPUSP**, São Paulo, BT/PRO/034, 1997.

PEIPERL, Maury. A delegação de responsabilidade, **Gazeta Mercantil – Produção e Operações**, São Paulo, out 1997.

PORTER, M. E. **Vantagem competitiva**, Rio de Janeiro, Editora Campus, 1989.

ZILBOVICIUS, Mauro; FLEURY, Afonso Carlos Correa. Modelos para a produção, produção de modelos: contribuição à análise da gênese, lógica e difusão do modelo japonês. **Boletim Técnico – Depto. de Engenharia de Produção da EPUSP**, São Paulo, BT/PRO/039, 1997.

ZUKIN, Márcio; DALLOL, Paulo R. T. Um estudo empírico sobre a correlação entre automação flexível e flexibilidade de manufatura. **Revista Produção – ABEPRO**, v. 10, n. 2, p 21 – 29, maio 2001.